الأساس الفسيولوجي للتحسين الوراثي في النباتات

التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية

الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النباتات

التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية

تأليف

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

دكتوراه الفلسفة فى تربية الخضر من جامعة كورنل

أستاذ الخضر بكلية الزراعة ـ جامعة القاهرة

والحائز على

جائزة الدولة التشجيعية فى العلوم الزراعية

ووسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى

من جمهورية مصر العربية



الناشر

المكتبة الاكاديمية

١٩٩٥

حقوق النشر

المكتبة الأكاديمية

١٢١ ش التحرير ـ الدقى ـ القاهرة

تليفون : ٣٤٨٥٢٨٢/ ٣٤٩١٨٩٠

فاكس : ٣٤٩١٨٩٠ ـ ٢٠٢

المقدمـــــة

تسارعت الأحداث المؤثرة فى الجنس البشرى ـ خلال العقدين الأخيرين ـ بصورة لم يسبق لها مثيل؛ فالزيادة السكانية تهدد نوعية الحياة التى يحياها الإنسان فى كثير من بقاع العالم، واستنفد التوسع الأفقى معظم الأراضى الخصبة الصالحة للزراعة أو كاد، وأصبح استغلال مصادر المياه العذبة كاملا أو شبه كامل.

ومع سعى الإنسان الدائم للرقى بمستوى معيشته دونما تَحَسُّب لما يحدثه نشاطه من دمار للبيئة. . اختل التوازن البيئى على سطح هذا الكوكب، وساءت الأمور إلى درجة أثرت فى نمو نباتاته الزراعية التى هى عماد حياته؛ حيث ازدادت ملوثات الهواء والتربة، وتملحت نسبة كبيرة من الأراضى المروية، وازدادت ملوحة المياه الجوفية، وحدثت تقلبات جوية لم تكن معهودة من قبل.

ومع حاجة الإنسان إلى مزيد من الغذاء لتغطية احتياجات ملايين البشر الذين يظهرون إلى الوجود سنوياً.. أصبح لزاماً عليه أن يتجه إلى استغلال أراض لم تكن أصلا صالحة للزراعة، وإلى الرى بمياه عالية الملوحة لم يكن ليفكر يوماً فى الاستفادة منها.

ومع ازدياد رفاهية إنسان الشمال، وتطلع إنسان الجنوب إلى مزيد من الرفاهية.. تطلع إلى أن يجد على مائدته كل ما يرغب فى تناوله من منتجات زراعية فى أى وقت من العام؛ وترتب على ذلك الحاجة إلى زراعة الخضر الموسمية فى غير مواسمها، والفاكهة فى غير المناطق المناسبة لها بيئيا.

ومع التكثيف الزراعى وارتفاع أجور العمال الزراعيين.. أصبح لزاماً الاستعانة بمبيدات

الحشائش فى الزراعة للقضاء على الأعشاب الضارة ـ التى تنافس المحاصيل المزروعة، وتنقل إليها الآفات ومسببات الأمراض ـ دونما حاجة إلى إجراء عملية العزيق، وليمكن زراعة المحاصيل الزراعية البطيئة النمو دونما خطر من منافسة الحشائش لها.

كذلك كان لزاماً على الإنسان أن يتجه إلى التوسع الرأسى فى الزراعة ليحصل على أعلى محصول ممكن من وحدة المساحة المزروعة. ولتحقيق هذا الهدف.. كان الاتجاه إلى زراعة أصناف جديدة محسنة فائقة المحصول، وأكثر استجابة للأسمدة المستعملة، وأقل حساسية لظروف نقص التربة فى العناصر المغذية.

ولقد لعب مربى النبات دورا بارزاً ومؤثراً فى كل هذه الاتجاهات.. فأنتج أصنافاً فائقة المحصول فى الظروف المثلى للزراعة، كما أنتج أصنافاً أكثر تحملاً لمختلف العوامل البيئية المؤثرة فى مختلف جوانب الإنتاج. وأثمر تعاونه مع مختلف الباحثين فى شتى المجالات فهما أعمق لطبيعة تلك الصفات، ووراثتها، وأساسها الفسيولوجي؛ الأمر الذى أفرز طرقاً أسرع وأكثر دقة للتقييم والانتخاب لهذه الصفات، وصولا إلى الهدف المنشود.. ألا وهو الصنف الحامل للصفات المرغوبة.

وعنوان هذا الكتاب: «الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى فى النباتات : التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية وتحمل الظروف البيئية القاسية».. يعد وصفاً دقيقاً لمحتواه. فيتضمن الكتاب اثنى عشر فصلاً موزعة على قسمين: أولهما خاص بالتربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية؛ ويشتمل على أربعة فصول تغطى مختلف جوانب الموضوع، والثانى خاص بالتربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، ويشتمل على ثمانى فصول تغطى مواضيع التربية لتحمل الحرارة المنخفضة والمرتفعة، والاستجابة للفترة الضوئية السائدة، وتحمل ملوحة التربة ومياه الرى، وتحمل نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها، وتحمل زيادة العناصر فى التربة أو نقصها، وتحمل ملوثات البيئة ومبيدات الحشائش.

وفى تناولنا لكل من هذه الاتجاهات كان تركيزنا على جانب الأساسيات المتعلقة بطبيعة الصفات المدروسة، وأساسها الفسيولوجى، ووراثتها، وطرق تقييم النباتات لها. وكأمثله لكل

موضوع.. استعرضنا التقدم الذى أُحرز فى مجال التربية لتحسين الصفات المعنية فى عدد من المحاصيل الزراعية.

وبرغم أن الآفات ومسببات الأمراض تشكل جانبا هاما ورئيسيا من البيئة الزراعية (الجانب البيولوجى).. إلا أن التربية لمقاومتها بدأت منذ زمن طويل، وأصبحت تشكل فرعاً رئيسياً من فروع تربية النبات، وقد تناولنا هذا الموضوع «تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات» ـ لأهميته القصوى ـ فى كتاب مستقل (حسن ١٩٩٣).

وكلى أمل فى أن يُسهم هذا الكتاب فى تقدم جهود الاهتمام بالبيئة وتطويع الموارد الطبيعية المتاحة لخدمة الإنسان فى مجال الزراعة، وأن يجد فيه الدارسين والباحثين فى مختلف مجالات الإنتاج النباتى (تربية النبات، والوراثة، وفسيولوجيا النبات، وإنتاج المحاصيل البستانية والحقلية، والأراضى، وعلم مكافحة الأعشاب الضارة، وعلم البيئة).. أن يجدوا فيه ضالتهم التى تفتقر إليها المكتبة العربية.

أ.د. أحمد عبد المنعم حسن

محتويات الكتاب

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

الصفحة

القسم الأول

□ التربية لزيادة الكفاءة الإنتاجية



إن العائد الاقتصادى - أو المحصول - يجب أن يكون - دائماً - الهدف النهائى الذى يضعه مربى النبات نصب عينيه - إلى جانب أية أهداف أخرى - مهما كان بريقها أو أهميتها، ومهما عظمت الحاجة إليها؛ إذ ما قيمة أية صفة مستحدثة - فى أى صنف جديد - ما لم يكن هذا الصنف ذا قدرة إنتاجية عالية، بحيث يجد منتجه حافزاً لزراعته.. فهو - أى المنتج - هو الذى يقرر فى نهاية الأمر إذا كان الصنف الجديد سيجد مكانا بين الأصناف التجارية الواسعة الانتشار، أم سينتهى به المطاف إلى الحفظ فى مخازن الجيرمبلازم. وغنى عن البيان أن قرار المنتج بشأن زراعة الصنف الجديد من عدمه يتوقف على العائد الاقتصادى الذى يجنيه من زراعته، مقارنة بالأصناف الأخرى المنتشرة فى الزراعة من نفس المحصول.

وبرغم توفر التوصيات والإرشادات بشأن زراعة الأصناف الجديدة، فإن المنتجين - فى ظل الاقتصاد الحر - يجرّبون - بأنفسهم أولاً - زراعة تلك الأصناف على نطاق ضيق قبل أن يقرروا التوسع فى زراعتها.

ولا شك أنه توجد عديد من المميزات التى قد يتمتع بها الصنف الجديد، مثل صفات الجودة الظاهرة (كالحجم واللون) وغير الظاهرة (كالطعم والقيمة الغذائية)، ومقاومة مختلف الأمراض والآفات، وتحمل الظروف البيئية القاسية، والتأقلم على الوسائل المستحدثة لإنتاج المحصول (كالصلاحية للحصاد الآلى).

وبرغم أهمية صفات الجودة غير الظاهرة.. فإن المنتج لا يلقى إليها بالاً، وربما لا يشعر المستهلك ببعضها، كالقيمة الغذائية مثلا. ولذا .. فإن الاهتمام بتحسين صفات الجودة غير الظاهرة يجب أن يكون مُصَاحَباً باهتمام مماثل بصفات الجودة الظاهرة والملموسة والمحببة لدى المستهلك. فتلك الصفات هى التى يمكن أن تجعل المستهلك يقبل أن يدفع فيها ثمناً أعلى، وبذا.. يقبل المنتج على زراعتها لأنها يمكن أن تحقق له عائداً اقتصادياً عالياً.

أما جُل أهداف التربية المذكورة آنفا فإنها تهم المنتج بالدرجة الأولى. فقد يجد المنتج ضالته فى صنف مقاوم لمرض أو آفة استعصت على المكافحة بالوسائل التقليدية، أو كانت مكافحتها بتلك الوسائل غير اقتصادية، أو غير مسموح بها (كما فى حالة استخدام المبيدات الضارة بالإنسان والبيئة). وقد يرى المنتج فى الصنف الجديد حلاً لمشاكل بيئية معينة (جوية أو أرضية) تواجه زراعاته، أو لمشكلة نقص العمالة كأن يكون الصنف مناسباً للحصاد الآلى مثلاً.

وبالرغم من أهمية كل تلك الصفات.. فإنها تكون غير ذات قيمة للمنتج ما لم تكن مُصاحبة بحد أدنى من المحصول الذى يوفر للمنتج (مع أخذ كل العوامل البيئية والإنتاجية والتسويقية فى الحسبان) عائداً اقتصادياً مجزياً.

إذاً.. نعود إلى بداية حديثنا لنقول: إن المحصول هو الأساس فى أى برنامج للتربية. ولكن هل المحصول صفة بسيطة؟. إن الإجابة المؤكدة على هذا التساؤل هى بالنفى؛ فالمحصول صفة كمية معقدة، إلى درجة أن بعض مربى النبات يميلون إلى الاعتقاد بأن معظم جينات النبات (عوامله الوراثية) - إن لم تكن جميعها - تؤثر بصورة مباشرة أو غير مباشرة على المحصول .

هذا.. إلا أن تعقيد الأمور بهذا الشكل لا يمكن أن يُسهم فى تحقيق أى تقدم. ويتعين على المربى - الذى يهتم برفع الكفاءة الإنتاجية للنبات الذى يعمل عليه، وزيادة محصوله - أن

يبسط الأمور ما أمكنه إلى ذلك سبيلاً. والتساؤلات التى يتعيين عليه طرحها فى هذا الشأن عديدة، ولعل أبرزها : ما الأساس الفسيولوجى للمحصول؟ وما مكوناته؟ وكيف تورث تلك الأسس والمكونات؟ وكيف يمكن الاستفادة من ذلك فى رفع الكفاءة الإنتاجـية؟. وفى هـذا القسم.. نحاول إلقاء الضوء على الإجابات الممكنة لتلك التساؤلات.



١

طرق التعبير الكمى عن النمو النباتى

يُعبر العلماء عن النمو النباتى بطريقة كمية باستعمال معادلات رياضية خاصة، تعرف بمعادلات النمو Growth Formulas، أو دلائل النمو Growth Parameters. تفيد هذه المعادلات فى دراسة تأثير المعاملات التجريبية والعوامل البيئية على النمو النباتى، وكذلك فى تحليل الاختلافات بين السلالات وإرجاعها إلى أسبابها الأولية. وتتداخل الدلائل ومعادلات النمو البيولوجية مع قيم أخرى فيزيائية محضة؛ ولذا.. فإننا نناقش الأمر كله جملة واحدة، مع تسلسل التفاصيل أقرب ما يكون إلى المنطق الذى يعين القارئ على استيعاب الموضوع.

معادلات النمو النباتى وما يرتبط بها من قيم فيزيائية وبيولوجية

١ ـ الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات: يرمز لها بالرمز (S)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية Calories.

٢ ـ الطاقة الشمسية النافذة transmitted (التى تسجل تحت النمو الخضرى للنبات): يرمز لها بالرمز (S_t)، ويعبر عنها بالسعرات الحرارية.

٣ ـ المحصول البيولوجى Biological yield :

هو الوزن الجاف لكل الأعضاء النباتية، بما فى ذلك وزن الأجزاء الاقتصادية (أى التى يزرع من أجلها النبات. وهو تقدير للمحصلة النهائية لعمليات البناء الضوئى، والتنفس، وامتصاص العناصر. ويرغم أن وزن المجموع الجذرى هو جزء من المحصول البيولوجى،

إلا أنه يهمل - عادة - لصعوبة تقديره بدقة، ولذا.. فإن النبات يقطع عند سطح التربة - عند النضج أو الحصاد - لتقدير وزنه الجاف، ويرمز للمحصول البيولوجي بالرمز (W).

٤ - الوزن الجاف - لكل الأعضاء النباتية - المتراكم خلال فترة زمنية محددة، تم خلالها تقدير كل من (S) ، و(S_t)كمياً (علما بأن الفترة الزمنية المعنية يمكن أن تكون يوما، أو أسبوعاً، أو حتى موسماً زراعياً كاملاً): يرمز لهذه القيمة بالرمز(ΔW - دلتا دبليو)، ويمكن أن يعبر عنها بالسعرات الحرارية بضرب الوزن الجاف بالجرام فى ٤٠٠٠، لأن كل جرام من الوزن الجاف يعادل - فى المتوسط - ٤٠٠٠ سعر حرارى.

٥ - كفاءة إعتراض أو استقبال الضوء الساقط Efficiency of Interception : يرمز لها بالرمز (E_i)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلى:

$$E_i = \frac{S-S_t}{S} \text{ X } 100$$

أو بالمعادلة $E_i = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة absorbed} - \text{الطاقة الشمسية المنعكسة reflected}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة على النبات incident}} \times ١٠٠$

فهى الطاقة الشمسية التى استقبلها النبات واحتجزها كنسبة مئوية من الطاقة الشمسية الكلية الساقطة عليه، أو هى حاصل طرح نسبة الطاقة الشمسية النافذة من مئة. وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للمساحة الورقية.

٦ - كفاءة امتصاص الطاقة الشمسية Efficiency of Absorption :

يرمز لها بالرمز (E_a)، وتقدر كنسبة مئوية كما يلى :

$$E_a = \frac{\text{الطاقة الشمسية الممتصة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

$$= \frac{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة - الطاقة المنعكسة - الطاقة النافذة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

وتعد كفاءة الامتصاص (E_a) بمثابة تقدير جيد لنسبة الطاقة الشمسية الساقطة على النبات، والتى استقبلها واستفاد منها فى عملية البناء الضوئى.

٧ ـ كفاءة الاستخدام Efficiency of Utilization:

يرمز لها بالرمز (E_u)، وتقدر كما يلى :

$$E_u = \frac{\text{صافي الطاقة الشمسية التي ثُبّتت في عملية البناء الضوئي}}{\text{الطاقة التي اعترضها أو استقبلها النبات}}$$

$$= \frac{\text{٤٠٠٠} \times \Delta W}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة ـ الطاقة الشمسية النافذة}}$$

أو هى :

$$E_u = \frac{\Delta W \times 4000}{S - S_t}$$

$$= \frac{\Delta W \times 4000}{S \times E_i}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير للكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate المقدرة على أساس وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

٨ ـ كفاءة التحويل Efficiency of Conversion :

يرمز لها بالرمز (E_c)، وتقدر كما يلى :

$$E_c = E_i \times E_u$$

$$= \frac{W \times 4000}{S}$$

وتعد هذه القيمة بمثابة تقدير لمعدل النمو المحصولى Crop Growth Rate .

٩ ـ نسبة الانعكاس Percent Reflection:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (A)، وتقدر كما يلى :

$$A = \frac{\text{الطاقة الشمسية المعكوسة}}{\text{الطاقة الشمسية الكلية الساقطة}} \times ١٠٠$$

١٠ ـ نسبة النفاذ Percent Transmission:

يرمز لهذه القيمة بالرمز (k)، وتقدر كما يلى:

$$k = \frac{S_t}{S} \times 100$$

١١ ـ معامل انقراض (احتجاز) الضوء Light Extinction Coefficient بواسطة النبات، يعطى الرمز (K).

١٢ ـ المحصول الاقتصادى Economic Yield:

هو العضو النباتى أو الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول، ويعطى الرمز (EY).

١٣ ـ المساحة الورقية الكلية Total Leaf Area:

هى مجموع مساحة الأوراق التى ينتجها النبات، ويرمز لها بالرمز(L).

١٤ ـ الوزن النوعى للورقة Specific Leaf Weight:

هو الوزن الجاف لوحدة المساحة من الورقة. يرمز لهذه القيمة بالرمز (SLW)، وتقدر بالسنتيمتر المربع لكل جرام من الوزن الجاف من الورقة (cm^2g^{-1})، وهى تعكس سمك الورقة، حيث يزداد السمك كلما ازدادت هذه القيمة.

١٥ ـ فترة بقاء الأوراق على كفاءتها فى عملية البناء الضوئى Leal Area Duration:

تأخذ هذه القيمة الرمز (LAD)، وتقدر كما يلى:

$$LAD = L \times time$$

١٦ ـ المساحة النسبية للأوراق Leaf Area Ratio:

هى نسبة مساحة أوراق النبات (L) إلى وزن النبات الجاف الكلى (W)، ويرمز لها ـ غالباً ـ بالرمز (LAR) ـ وأحياناً ـ بالرمز (F)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$LAR = \frac{L}{W}$$

$$LAR = \frac{(L_2 - L_1)\ (\log_e W_2 - W_1)}{(W_2 - W_1)\ (\log_e L_2 - \log_e L_1)}$$

حيث إن: L_1 و L_2 هما مساحة الأوراق، و W_1 و W_2 هما وزن الأوراق فى بداية ونهاية فترة زمنية من t_1 إلى t_2 ، ويعبر عنها باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ.

١٧ ـ دليل مساحة الورقة Leaf Area Index:

هو مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات، ويرمز له بالرمز (LAI)، ويقدر بالمعادلة التالية:

$$\text{دليل مساحة الورقة } (LAI) = \frac{\text{مساحة أوراق النبات } (L)}{\text{مساحة الأرض التى يشغلها النبات } (P)}$$

ويعنى بالمسطح الورقى مساحة أحد سطحى الورقة، وليس كليهما.

ويقدر متوسط دليل مساحة الورقة خلال فترة زمنية $(\overline{LAI})$ بالمعادلة التالية:

$$\overline{LAI} = \frac{F_2 - F_1}{\log_e F_2 - \text{Log}_e F_1}$$

حيث إن :

F_1، و F_2 هما مساحة الأوراق/ وحدة المساحة من الأرض فى بداية ونهاية الفترة الزمنية، على التوالى.

ويصل البناء الضوئى ـ عادة ـ إلى أكبر معدل له (بالنسبة للنبات ككل) عندما تصل قيمة دليل مساحة الورقة إلى ٥,٠ أو أكثر. ويتأثر ذلك بنظام ترتيب وتوزيع الأوراق على النبات. ومما تجدر ملاحظته أن الأوراق السفلية التى لا يصل إليها ضوء كاف قد تستهلك من الغذاء ـ أثناء تنفسها ـ كمية أكبر من تلك التى يمكنها تصنيعها.

١٨ ـ معدل النمو النسبى للورقة Relative Leaf Growth Rate:

هو مقدار الزيادة فى المساحة الورقية فى وحدة الزمن، ويرمز له بالرمز (RLGR)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RLGR = \frac{\Delta L}{L \times time}$$

$$= \left(\log_e L_2 - \log_e L_1\right) / \left(t_2 - t_1\right)$$

حيث ΔL (تُقرأ دلتا إل) هو التغير فى المساحة الورقية فى وحدة الزمن، والـ"time" هو هذه الوحدة الزمنية، و (L) المساحة الورقية الأصلية. وتلك هى القيم اللازمة لحساب معدل النمو النسبى للورقة حسب المعادلة الأولى.

أما فى المعادلة الثانية.. فإن L_1، و L_2 تمثلان المساحة الكلية للأوراق فى أوقات t_1 ، و t_2 قبل وبعد فترة زمنية معينة، وتقدر الفترة الزمنية باليوم، أو الأسبوع، أو الشهر... إلخ. (يلاحظ أن اللوغاريتم للأساس e وليس للأساس ١٠).

١٩ ـ معدل النمو النسبى Relative Growth Rate:

هو الوزن الجاف المتراكم للنبات لكل وحدة من الوزن الأصلى خلال وحدة زمنية معينة، ويرمز له ـ غالبا ـ بالرمز (RGR) ـ وأحيانا ـ بالرمز (r)، ويقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$RGR = \frac{\Delta W}{W \text{ X time}}$$

$$= (\log_e W_2 - \log_e W_1)/ (t_2 - t_1)$$

حيث إن :

ΔW: (تقرأ دلتا دبليو) هو التغير فى الوزن الجاف للنبات فى وحدة الزمن.

time: وحدة الزمن.

W_1: الوزن الجاف للنبات فى وقت معين t_1 ، و W_2 : الوزن الجاف فى وقت آخر t_2 بعد انقضاء فترة زمنية معينة.

وقد يستبدل الوزن الجاف للنبات بأى مقياس آخر، كطول النبات مثلاً.

٢٠ ـ معدل النمو المحصولى Crop Growth Rate:

هو الوزن الجاف للنبات المتراكم فى وحدة زمنية معينة لكل وحدة من مساحة الأرض، ويرمز له بالرمز (CGR)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$CGR = \frac{\Delta W}{P \text{ x time}}$$

حيث إن P هى وحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات.

كما أن :

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

٢١ ـ الكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate:

هى الوزن الجاف المتراكم لكل وحدة مساحة ورقية فى وحدة الزمن. وهى ليست مقياساً دقيقاً لمدى كفاءة عملية البناء الضوئى، ولكنها مقياس للزيادة فى الوزن الجاف للنبات، والتى هى محصلة الفرق بين البناء الضوئى والتنفس، ويرمز لها ـ غالبا ـ بالرمز (NAR) ـ وأحيانا ـ بالرمز (E)، وتقدر بإحدى المعادلتين التاليتين:

$$NAR = \frac{\Delta W}{L \times time}$$

$$= \frac{(W_2 - W_1)\ (\log_e L_2 - \log_e L_1)}{(L_2 - L_1)\ (t_2 - t_1)}$$

وقد سبقت الإشارة إلى مدلولات جميع الرموز المستخدمة فى المعادلتين.

وقد يعبر عن (L) بمقاييس أخرى، مثل وزن الأوراق، أو محتواها من النتيروجين، أو البروتين، ويعطى ذلك قيما مختلفة للكفاءة التمثيلية. ولذا.. فإنها قد تعطى الرمز (E) عند استعمال مساحة الأوراق، والرمز(E_W) عند استعمال وزن الأوراق... إلخ.

كذلك فإن :

$$NAR = \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} x \frac{\log_e F_2 - \log_e F_1}{F_2 - F_1}$$

حيث إن :

W = الوزن الجاف/ وحدة المساحة من الأرض.

F = المساحة الورقية/ وحدة المساحة من الأرض.

ويستدل مما تقدم بيانه أن :

معدل النمو النسبى (RGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × المساحة النسبية

للأوراق (LAR).

معدل النمو المحصولى (CGR) = الكفاءة التمثيلية (NAR) × دليل مساحة الورقة (LAI).

٢٢ ـ دليل الحصاد Harvest Index :

يطلق على دليل الحصاد أحيانا الأسماء: معامل الفاعلية Coefficient of Effectiveness ومعامل انتقال الغذاء إلى الأجزاء الاقتصادية للنبات (معامل الهجرة)-Migration Coeffi cient، وهو المحصول الاقتصادى كنسبة مئوية من الوزن الجاف الكلى للنبات، ويرمز له بالرمز (HI)، ويقدر بالمعادلة التالية :

$$HI = \frac{EY}{W} x\ 100$$

حيث إن :

EY = المحصول الاقتصادى (الجزء النباتى الذى يزرع من أجله المحصول).

W = المحصول البيولوجى (الوزن الجاف الكلى للنبات) (عن Thorne ١٩٦٠، وWallace وآخرين ١٩٧٢، و Evans ١٩٧٢، و Bleasdale ١٩٧٣، و Leopold & Kriedmann، ١٩٧٥و Malash١٩٧٩ ، و Stoskopf١٩٨١، و Kalloo ١٩٨٨).

٢٣ ـ القوة النسبية للأعضاء الاقتصادية من النبات على جذب الغذاء إليها Relative Sink Strength: يرمز إليها بالرمز (RSS)، وهى قيمة اقترحها Scully & Wallace (١٩٩٠) من دراساتهم على الفاصوليا الجافة، وتقدر كما يلى:

$$RSS = \frac{\text{معدل نمو البذور (المحصول الاقتصادى)}}{\text{معدل الزيادة فى المحصول البيولوجى}}$$

وفى الفاصوليا.. تدل قيم الـ RSS المساوية للواحد الصحيح ـ أو التى تزيد عليه ـ على

تمتع البذور بقدرة عالية على جذب الغذاء إليها وتخزينه فيها، وقدرة عالية للنبات على نقل هذا الغذاء المجهز إليها. ويمكن استبدال البذور فى المعادلة بأى عضو نباتى اقتصادى آخر ـ كالجذور أو الدرنات مثلا ـ حسب المحصول.

٢٤ ـ درجة الإنتاجية Productivity Score:

هى حاصل جمع كل من: المحصول الاقتصادى، والمحصول البيولوجى، ودليل الحصاد. تعد درجة الإنتاجية مقياساً واحداً لمقارنة التباينات بين التراكيب الوراثية فى المحصول، وعند مقارنة تأثير بعض المعاملات (عن Stoskopf ١٩٨١).

أهمية دلائل النمو

دليل الحصاد

أهم ما يتميز به دليل الحصاد أنه قيمة واقعية عملية؛ فهو يمثل المحصول الاقتصادى (الذى يزرع من أجله المحصول) كنسبة مئوية من المحصول البيولوجى (الوزن الجاف الكلى للنبات الذى يمثل محصلة عمليات البناء الضوئى، والتنفس، وامتصاص العناصر). ولقد كان دليل الحصاد المرتفع هو السبب الرئيسى وراء الزيادة الكبيرة التى تحققت فى محاصيل الحبوب.

إن الاختلافات فى الصفات المورفولوجية التى تؤثر فى دليل الحصاد تؤثر كذلك ـ عادة ـ فى صفات أخرى. فمثلاً.. كان دليل الحصاد المرتفع فى محاصيل الحبوب ذوات موسم النمو البارد مرتبطاً بالإزهار المبكر، والأوراق والسيقان القصيرة، حيث يكون توجيه الغذاء المجهز إلى الجزء الاقتصادى من النبات مبكراً، وبنسبة أعلى مما يوجه إلى الحبوب فى الأصناف ذات الأوراق والسيقان الكبيرة الحجم. ولكن يجب أن نتذكر أن المحصول الاقتصادى يتأثر بالمحصول البيولوجى مثلما يتأثر بدليل الحصاد.

يزيد دليل الحصاد فى البطاطس على ٠,٨؛ وبذا.. فإن قيمته عالية إلى درجة قد يكون

من الصعب زيادتها على ذلك. وفى محاصيل الحبوب يتراوح دليل الحصاد من ٠,٥ - ٠,٦؛ أى إنه مرتفع إلى درجة أن زيادته على ذلك ربما لا تصاحبها زيادة مماثلة فى المحصول.

أما فى البقوليات الاستوائية.. فإن دليل الحصاد يتراوح من ٠,٣-٠,٤؛ ولذا.. فإن محصولها الاقتصادى يمكن أن يتحسن بالانتخاب لتحسين دليل الحصاد عن ذلك. وتتوفر فى تلك المحاصيل الاختلافات الوراثية التى تسمح بتوجيه نسبة أعلى من الغذاء المجهز إلى الأجزاء الاقتصادية من النباتات.

ولقد وجد فى القمح أن محصول الحبوب يزداد بزيادة الفترة التى تمر ما بين توقف النبات عن النمو الطولى وبداية مرحلة الامتلاء السريع للحبوب، كما أن دليل الحصاد يرتبط سلبياً بتكوين الخلفات، وكانت الأصناف العالية المحصول عالية فى دليل الحصاد.

وبرغم أن تأثير دليل الحصاد فى المحصول الاقتصادى أهم من تأثير المحصول البيولوجى (على الأقل فى محاصيل الحبوب).. فإن تحسين دليل الحصاد يجب أن يتم من خلال تشكيل النبات - وراثياً - بما يسمح بتحقيق زيادة فى المحصول البيولوجى أيضاً (عن Frey ١٩٨١).

ويرتبط محصول البطاطا إيجابياً بدليل الحصاد الذى يصل إلى ٦٦,٣٪ فى الأصناف العالية المحصول. وقد تراوح دليل الحصاد فى سبعة أصناف من الفلفل من ٣٩,٧ - ٦٩,٤٪، وكان دليل الحصاد مرتبطاً إيجابيا بالمحصول البيولوجى. ووجدت اختلافات كبيرة جداً بين أصناف الطماطم فى دليل الحصاد، الذى كان أعلى فى الأصناف المحدودة النمو عما فى الأصناف غير المحدودة النمو.

أما فى محاصيل الخضر الورقية.. فإن معدل النمو المطلق Absolute Growth Rate أو الكلى يكون مهما؛ نظراً لأن كل - أو معظم - الأجزاء النباتية تكون اقتصادية. ففى هذه

الحالات.. يكون المحصول البيولوجي والمحصول الاقتصادى متساويين تقريباً. (عن Kalloo ١٩٨٨).

وقد تراوح دليل الحصاد - فى أصناف مختلفة - من ٢٣ إلى ٥١٪ فى الفول السودانى، ومن ٥٪ إلى ٥١٪ فى الجنس Triticum.

ووجدت اختلافات كبيرة فى دليل الحصاد بين ٢٤ صنفاً وسلالة من فول الصويا، ولكن لم تظهر علاقة واضحة بين المحصول ودليل الحصاد. كذلك تراوح دليل الحصاد من ٤٤ - ٥٥٪ بين سبعة أصناف وسلالات من الفاصوليا، ولم يظهر فيها - كذلك - علاقة واضحة بين الصفتين.

كما سجلت - كذلك - اختلافات كبيرة فى دليل الحصاد بين أصناف وسلالات المحاصيل الدرنية؛ حيث تراوح من ٦٥ - ٨٠٪ فى البطاطس، ومن ١,٢ - ٥٦٪ ، و٣٧ - ٨١٪، و٦٤ - ٨٤٪ فى (دراسات مختلفة) فى البطاطا، ومن ٢٥ - ٦٠٪ فى الكاسافا (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

الكفاءة التمثيلية

تستخدم الكفاءة التمثيلية كمقياس لمعدل البناء الضوئى مطروحاً منه الفاقد بالتنفس. وتتأثر الكفاءة التمثيلية بكل من: درجة الحرارة، والضوء، وغاز ثانى أكسيد الكربون، والماء وعمر الأوراق، والعناصر المعدنية التى يحتاج إليها النبات، ومحتوى الكلوروفيل بالأوراق، والتركيب الوراثى للنبات.

وتعد درجة الحرارة من أهم العوامل المؤثرة فى الكفاءة التمثيلية لتأثيرها المزدوج فى كل من عمليتى التنفس والبناء الضوئى. فكل عملية حيوية نباتية تتم فى حدود حرارية معينة. فبعد درجة حرارة صغرى Minimum temperature (أو درجة حرارة الأساس base temperature) نجد أن ارتفاع درجة الحرارة يكون مصاحباً بزيادة فى معدل العملية الحيوية (مثل التنفس، والنمو، والبناء الضوئى إلخ)، ويعرف معدل الزيادة باسم قيمة الـ Q_{10}

ولكل عملية حيوية Q_{10} خاص بها. ويعنى Q_{10} = ٢ - مثلاً - أن معدل العملية الحيوية يتضاعف مع كل ارتفاع فى الحرارة قدره ١٠ درجات مئوية، ولكن ذلك يكون فى المجال الحرارى المحصور فيما بين درجة الحرارة الصغرى، ودرجة الحرارة المثلى Optimum temperature التى تكون فيها العملية الحيوية فى أعلى معدلاتها. وبارتفاع درجة الحرارة عن الدرجة المثلى ينخفض معدل العملية الحيوية إلى أن يتوقف تماماً - مرة أخرى - عند درجة الحرارة العظمى Maximum temperature.

وتختلف تلك الدرجات الثلاث (الصغرى، والمثلى، والعظمى) كثيراً باختلاف النوع النباتى، والصنف، وعمر النبات، والعملية الحيوية ذاتها. فمثلاً.. نجد فى الذرة أن درجات الحرارة الصغرى، والمثلى، والعظمى هى - على التوالى - ١٠°م، و٣٠ - ٣٥°، و٤٥°م بالنسبة للكفاءة التمثيلية، و٨ - ١٠°م ، و٣٢ - ٣٥°م، و٤٠ - ٤٤°م بالنسبة لإنبات البذور.

ونجد أن معدل التنفس الضوئى Photorespiration يزداد - بارتفاع درجة الحرارة - بدرجة أكبر من معدل ازدياد التنفس الظلامى dark respiration. كما أن معدل التنفس الضوئى يزداد - فى الحرارة العالية - بدرجة أكبر من معدل الزيادة فى البناء الضوئى. فمثلاً.. وجد فى البطاطس أن معدل البناء الضوئى يصل أقصاه فى حرارة ٢٠°م، ولكن التنفس يكون - فى تلك الدرجة - حوالى ١٢٪ فقط من أقصى معدلاته الممكنة. وبارتفاع الحرارة إلى ٤٨°م يصل التنفس إلى أقصى معدلاته بينما ينخفض معدل البناء الضوئى إلى الصفر. ومن الطبيعى أن تنخفض الكفاءة التمثيلية - فى حالات كهذه - مع أى ارتفاع فى درجة الحرارة عن الدرجة المثلى للبناء الضوئى.

وفى البرسيم الحجازى قدرت الـ Q_{10} بنحو ١,٤٦ للتنفس، مقارنه بنحو ١,١٨ للكفاءة التمثيلية؛ الأمر الذى يعنى ازدياد معدل التنفس بدرجة أكبر من ازدياد معدل البناء الضوئى مع ارتفاع درجة الحرارة. ففيما بين درجتى حرارة ٩°م، و ٢٦°م كان التأثير الإيجابى لارتفاع الحرارة على معدل البناء الضوئى نحو خُمس تأثيرها السلبى الناشىء عن زيادتها لمعدل التنفس.

ويكون التأثير السلبي لارتفاع درجة الحرارة أكثر وضوحاً، وأشد وقعاً على النباتات الـ C_3؛ مما يكون عليه الحال في النباتات الـ C_4 (يراجع لذلك الفصل الثاني). كما أن تأثير الحرارة يختلف بشدة فيما بين النجيليات الاستوائية ونجيليات المناطق الباردة. فنجد ـ مثلاً ـ أن الكفاءة التمثيلية تبلغ أقصى معدلاتها في حرارة ٢٠ْ ـ ٢٥ْم في نجيليات المناطق الباردة، بينما يرتفع المجال الحراري المثالي للكفاءة التمثيلية إلى ٣٠ْ ـ ٣٥ْم في النجيليات الاستوائية، بما في ذلك الذرة.

وقد جد في القمح الربيعي ـ وهو من نباتات المناطق الباردة ذات المسار البنائي C_3 ـ أن ارتفاع الحرارة درجة واحدة مئوية ـ في بداية مرحلة تكوين السنابل ـ كان مصاحباً بانخفاض قدره ٤٪ في محصول الحبوب.

ومن ناحية أخرى.. فإن انخفاض شدة الإضاءة، وتقدم الأوراق في العمر يكون مصاحباً بانخفاض في معدل البناء الضوئي، بينما تبقى معدلات التنفس على ما هي عليه ما دامت الأوراق حية. ويبين جدول (١ ـ ١) تلك العلاقة في مثال افتراضي.

يتبين من الجدول أن البناء الضوئي في النبات الكبير (ذي الأوراق السبع) أعلى مما في النبات الصغير (ذي الأوراق الأربع)، ولكن إجمالي التنفس في النبات الكبير أعلى بكثير مما في النبات الصغير؛ الأمر الذي يؤدي إلى انخفاض الكفاءة التمثيلية في النبات الكبير مقارنة بالنبات الصغير.

وبرغم أنه يتم التحكم ـ عمليا ـ في شدة التظليل، وعدد الأوراق المسنة ببعض العمليات الزراعية، مثل التحكم في كثافة الزراعة، ونظام الزراعة، والتقليم، وحش نباتات المراعي... إلخ، إلاَّ أن تلك الأمور لا تدخل ضمن اهتماماتنا في هذا الكتاب. فما يهمنا هو التحكم الوراثي في النمو النباتي بحيث يقل التظليل، وتتجه النباتات مبكراً نحو الإثمار؛ الأمر الذي يتحقق ـ مثلاً ـ في أصناف الطماطم المحددة النمو.

ومما تجدر الإشارة إليه أن الكفاءة التمثيلية كانت صفراً في الورقة الخامسة (جدول ١ـ١)، بينما كانت سالبة القيمة في الورقتين السادسة والسابعة ويقال على الورقة الخامسة ـ في حالات كهذه ـ بأنها وصلت إلى نقطة التعادل Compensation Point؛ حيث

جدول (١ ـ ١): علاقة عدد الأوراق، وعمرها بكل من معدلى البناء الضوئى، والتنفس، وتأثير ذلك فى الكفاءة التمثيلية على مستوى الورقة، ومستوى النبات فى كل من النباتات الصغيرة والكبيرة (مثال افتراضى).

عمر النبات	رقم الورقة	معدل البناء الضوئى	معدل التنفس	الكفاءة التمثيلية
النبات الصغير	١	١٢	٢	١٠
(٤ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
		٣١	٨	٢٤
نبات أكبر عمرا	١	١٢	٢	١٠
(٧ أوراق)	٢	١٠	٢	٨
	٣	٧	٢	٥
	٤	٣	٢	١
	٥	٢	٢	صفر
	٦	صفر	٢	٢ـ
	٧	صفر	١	١ـ
		٣٢	١٣	٢١

كان الفقد فيها بالتنفس مكافئاً للزيادة بالبناء الضوئى. أما الورقتان السادسة والسابعة فيقال أنهما متطفلتان Parasitic على النبات، وهو وصف يطلق على الأوراق التى تفقد من الغذاء ـ بالتنفس ـ أكثر مما تصنعه بالبناء الضوئى. ولكى يجب ألا ننسى أن الأوراق الخامسة، والسادسة، والسابعة تلك كانت قد أسهمت ـ فى النبات الصغير، أى وهى صغيرة ـ فى الكفاءة التمثيلية بدرجة عالية، حيث كان صافى إسهامها فى النمو النباتى إيجابياً.

المساحة الورقية الكلية

يعتقد دائماً أن المساحة الورقية الكلية هى مقياس لقدرة النبات على البناء الضوئى، ولكن يجب أن يؤخذ فى الحسبان أن المسطحات الخضراء الأخرى للنبات تكون - أيضاً - قادرة على القيام بعملية البناء الضوئى، وربما تُسهم بنصيب كبير فى إجمالى إنتاج المادة الجافة فى النبات.

فإلى جانب أنصال الأوراق.. يحدث البناء الضوئى فى جميع الأجزاء الخضراء، بما فى ذلك السيقان، وأغماد الأوراق، والسفا، والقنيبات، والأذينات، وأغلفة الكيزان، والقرون الخضراء إلخ. وتوجد بعض هذه الأعضاء فى الجزء العلوى من النبات، فلا تتعرض للتظليل، وتكون نشطة فى عملية البناء الضوئى.

ويعتقد البعض أن قدرة أغماد أوراق ونورات الحبوب الصغيرة على البناء الضوئى تبلغ نحو ٥٠ - ١٠٠٪ من قدرة أنصال الأوراق ذاتها. ووجد أن أغماد أوراق الشعير تُسهم بنحو ١٥- ٤٠٪ من محصول الحبوب، وأن السنبلة تسهم بنحو ٩٪، و٤٠٪ من محصول الحبوب فى الأصناف العديمة السفا والأصناف ذات السفا، على التوالى.

ونظراً لصعوبة تقدير مساحة الأجزاء النباتية غير الأوراق؛ لذا.. فقد اتفق على اعتبار مجموع المسطح الورقى لأنصال الأوراق (السطح العلوى فقط) دليلاً على المساحة النباتية التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

دليل مساحة الورقة

إن دليل مساحة الورقة LAI هو - كما أسلفنا - مساحة المسطح الورقى بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض التى يشغلها النبات، فإذا كانت قيمة دليل مساحة الورقة ٤,٠ - مثلا - كان ذلك دليلاً على أن إجمالى مساحة المسطح الورقى للنبات يبلغ أربعة أمثال مساحة الأرض التى يشغلها النبات.. وتعد هذه القيمة أفضل من قيمة المساحة الورقية الكلية عند مقارنة النباتات؛ لأن القيمة الأخيرة يمكن أن تتأثر بمسافة الزراعة.

ويكون لدليل مساحة الورقة معنى وقيمة أكبر عند ربطه بمرحلة معينة من النمو النباتى ففى النباتات المحدودة النمو.. يقدر دليل مساحة الورقة فى بداية مرحلة النمو الإنتاجى

(بداية الإزهار والعقد). أما فى النباتات غير المحدودة النمو.. فقد يستعمل فيها الحد الأقصى لدليل مساحة الورقة، أو قد تجرى المقارنة بين الأصناف فى أى وقت طالما أخذت قياسات دليل مساحة الورقة فيها فى يوم واحد.

ويعتقد أن لكل محصول قيمة مثلى لدليل مساحة الورقة، تتراوح ـ غالباً ـ بين ٢,٥، و٥,٠ فى مختلف المحاصيل. والقيمة المثلى هى تلك التى يحدث عندها أقصى تراكم للمادة الجافة. ويقل تراكم المادة الجافة بانحراف قيمة دليل مساحة الورقة ـ عن القيمة المثلى ـ بالزيادة، أو بالنقصان. ففى الحالات التى يقل فيها دليل مساحة الورقة عن القيمة المثلى يقل إنتاج المادة الجافة؛ لأنه لا يتم استقبال كل الضوء الساقط على النبات؛ وبذا لا يكون البناء الضوئى فى أعلى معدلاته المكنة. وعندما يزيد دليل مساحة الورقة على القيمة المثلى تصبح الأوراق السفلى مظللة؛ ويتبع ذلك نقص الكفاءة التمثيلية.

وتزداد الفائدة التى تعود من الاعتماد على دليل مساحة الورقة ـ عند إجراء مقارنه بين الأصناف ـ بمراعاة ما يلى :

١ ـ ربط دليل مساحة الورقة بمرحلة معينة من النمو النباتى فى المحاصيل التى تحصد مرة واحدة كالحبوب الصغيرة. وفى نباتات المراعى نجد أن الوقت المثالى لإجراء عملية الحش يتوافق مع وقت الوصول إلى دليل مساحة الورقة المثالى.

٢ ـ يتُوقع أعلى إنتاجية للمادة الجافة عندما تتوافق القيمة المثلى لدليل مساحة الورقة مع أفضل الظروف البيئية لعملية البناء الضوئى.

٣ ـ قد يشير دليل مساحة الورقة إلى المرحلة التى تكون فيها الكفاءة التمثيلية فى أقصى معدلاتها.

٤ ـ لابد من ربط دليل مساحة الورقة بفترة بقاء الأوراق على كفاءتها العالية فى عملية البناء الضوئى (LAD).

ومن أمثله القيم المثلى لدليل مساحة الورقة التى تم التوصيل إليها: ٢,٥ ـ ٥,٠ فى محاصيل الحبوب الصغيرة، و٥,٠ فى محاصيل العلف التى تزرع نثراً، و٦,٢ ـ ٨,٩ فى محاصيل المراعى (عن Stoskopf ١٩٨١).





الأساس الفسيولوجى للمحصول

مقدمة

إن الإنتاج المحصولى - لأى نبات - يعتمد على أربعة عوامل أساسية؛ هى:

١ - معدل البناء الضوئى Photosynthesis .

٢ - معدل التنفس Respiration.

٣ - معدل انتقال الغذاء المجهز من أماكن تصنيعه فى الأوراق إلى حيث يستفيد منه النبات فى نموه، أو إلى حيث يخزن فى أعضاء التصنيع (Translocation).

٤ - نسبة الغذاء المجهز التى تنتقل إلى الأجزاء الاقتصادية من النبات - وهى الأجزاء التى يزرع من أجلها المحصول - من الغذاء المُصنّع الكلى الذى يحتفظ به النبات بعد استقطاع الجزء المفقود منه بالتنفس.

ويتفرع من هذه العوامل الأربعة أمور أخرى كثيرة تتفاعل معها؛ حيث تؤثر فيها وتتأثر بها. وسوف نحاول من مُحصّلة ذلك كله - دون الدخول فى تفاصيل التحولات لعمليتى البناء الضوئى والتنفس - الخروج بمفهوم واضح عن الأساس الفسيولوجى للمحصول فى النباتات.

إن من بين أهم الصفات المؤثرة فى الاختلافات بين الأصناف من حيث كفاءتها الإنتاجية ما يلى (عن Wallace وآخرين ١٩٧٢) :

١ ـ حجم المجموع الجذرى ومدى تشعبه؛ حيث توجد علاقة موجبة بين النمو الجذرى والكفاءة الإنتاجية.

٢ ـ معدل البناء الضوئى فى وحدة المساحة من الأوراق.

٣ ـ طريقة حمل الأوراق؛ فالأوراق القائمة تسمح بوصول الضوء إلى الأوراق السفلى بدرجه أكثر من الأوراق الأفقية؛ ومن ثم تزيد القدرة على البناء الضوئى فى الحالة الأولى.

٤ ـ مدة بقاء الأوراق على درجة عالية من الكفاءة فى عملية البناء الضوئى.

٥ ـ معدل انتقال المواد الغذائية المجهزة ـ خلال عملية البناء الضوئى ـ إلى الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول.

٦ ـ مساحة الأوراق فى وحدة المساحة من أرض الحقل.

٧ ـ المساحة الكلية لأوراق النبات، والمساحة الورقية المعرضة للضوء.

٨ ـ سمك الورقة؛ حيث يزيد البناء الضوئى كلما ازداد سمك الورقة.

٩ ـ معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون.

١٠ ـ حجم الثغور، وأعدادها، ومدى مقاومتها لتبادل الغازات من خلالها، ومدة بقائها مفتوحة.

١١ ـ مدى مقاومة النسيج الوسطى للورقة (الميزوفيل) لتبادل الغازات.

١٢ ـ مدى توفر الإنزيمات اللازمة لعملية البناء الضوئى.

١٣ ـ معدل التنفس.

١٤ ـ الاختلافات الوراثية فى الاستجابة للفترة الضوئية، والحرارة، والارتباع Vernaliza-tion، والتسميد... إلخ.

وباختصار.. فإن المحصول الاقتصادى يعد محصلة لثلاثة أمور (عن Scully & Wallace ١٩٩٠)؛ هى :

١ ـ مدى تأقلم أو توافق النبات على العوامل البيئية السائدة.

٢ ـ قدرة النبات على «حصاد» الضوء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣ ـ قدرة النبات على تخصيص ونقل جزء كبير من الغذاء المجهز فى عملية البناء الضوئى إلى الأعضاء الاقتصادية التى يزرع من أجلها النبات.

ولقد لخص Wallace وآخرون (١٩٧٢) الدراسات التى أجريت على الأساس الفسيولوجى للاختلافات الوراثية فى كمية المحصول، مع التركيز على الفاصوليا؛ لكثرة الدراسات التى أجريت عليها فى هذا المجال. ويخلص الباحثون إلى أنه يمكن الاستعانة بالدراسات ـ التى أجريت على المكونات الفسيولوجية للمحصول ـ فى اختيار الآباء التى تستعمل فى برامج التربية؛ حيث قد يكون السبب فى ارتفاع المحصول زيادة المساحة الورقية فى أحد الأصناف، والتوزيع الجيد للضوء الساقط على المجموع الخضرى فى صنف ثان، ودليل الحصاد harvest index المرتفع فى صنف ثالث... وهكذا؛ الأمر الذى يعنى إمكان تجميع تلك الصفات ـ معاً ـ فى صنف واحد بالتربية.

هذا.. إلا أن كثرة المكونات الفسيولوجية للمحصول، وتداخلها، وتفاعلها مع بعضها البعض، ومع العوامل البيئية تؤدى ـ فى نهاية الأمر ـ إلى جعل درجة توريث تلك المكونات منخفضة جداً؛ الأمر الذى يعد تحدياً للمربى.

البناء الضوئى

إن معدل البناء الضوئى ليس صفة بسيطة يمكن أن تؤخذ نتائج قياساتها كدليل مباشر على وجود اختلافات وراثية بين النباتات فيها. فمع فرض توفر العناصر الغذائية، وغاز ثانى أكسيد الكربون، ودرجة الحرارة المناسبة لاستمرار عملية البناء الضوئى دون عوائق.. فإن معدل تلك العملية يتأثر بعديد من العوامل الأخرى؛ منها ما يلى :

١ ـ مساحة الورقة.

٢ ـ زاوية الورقة.

٣ ـ الضوء المنعكس من الأوراق.

٤ ـ الضوء النافذ خلال الأوراق.

٥ ـ العلاقة الفسيولوجية بين شدة الإضاءة ومعدل البناء الضوئى، وهو ما يُعرف باسم منحنى الاستجابة للضوء Light Response Curve .

٦ـ مستوى الشمس فوق خط الأفق.

٧ ـ شدة الإضاءة الشمسية (عن Stoskopf ١٩٨١).

إن الانتخاب المباشر لزيادة المحصول الاقتصادى فى محاصيل البقوليات التى تزرع لأجل بذورها ـ مثل الفاصوليا ـ لم يحقق نتائج على مستوى التوقعات. كما أن محاولات تحسين المحصول ـ من خلال الانتخاب غير المباشر لصفات فسيولوجية، أو بيوكيمائية ترتبط بعملية البناء الضوئى ـ كان كذلك مخيبا لآمال الكثيرين من مربى النباتات. ولا يعنى ذلك أن البناء الضوئى والمحصول الاقتصادى صفتان غير مرتبطتين؛ فذلك أمر غير منطقى، ولكن ما تعنيه نتائج تلك المحاولات أنها لم تجر فى الاتجاه الصحيح؛ حيث لم تكن القياسات التى استخدمت كأساس لعملية الانتخاب دلائل مناسبة للمحصول. فعلى سبيل المثال.. أوضح بعض الباحثين أن القياسات اللحظية لمعدل البناء الضوئى لا يمكن أن تعد دليلاً على المحصول، أو على صافى عملية تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون خلال كل موسم النمو.

وإذا ما أجرى انتخاب غير مباشر للمحصول اعتماداً على صفة أخرى.. فإن درجة توريث تلك الصفة يجب أن تكون أعلى من درجة توريث صفة المحصول، وأن يكون ارتباطهما معاً عالياً. وقد وجد فى الفاصوليا أن هذه الفروض النظرية لم يمكن تحقيقها أو العمل بها، برغم وجود اختلافات وراثية عالية فى معدل البناء الضوئى بين أصناف الفاصوليا وسلالاتها (عن Scully & Wallace ١٩٩٠).

كذلك فإن معدل البناء الضوئى المقدر فى ورقة واحدة من النمو الخضرى للنبات لا يقوم دليلاً على معدل البناء الضوئى فى كل النمو الخضرى؛ نظراً لاختلاف الأوراق كثيراً فى تلك الخاصية.

وربما لا يرتبط المحصول الاقتصادى بمعدل البناء الضوئى؛ بسبب اختلاف المساحة الورقية بين مختلف الأصناف. ففى البطاطا.. كان معدل البناء الضوئى للورقة الواحدة فى الصنف سنتينيال Centennial أقل مما فى ٢٠ صنفاً آخر ـ باستثناء صنف واحد ـ وبالرغم من ذلك احتل الصنف سنتينيال المركز الثالث ـ بين هذه الأصناف ـ فى محصول الجذور. كما تبين أن مساحة الورقة الواحدة فى هذا الصنف كانت أكبر مما فى جميع الأصناف الأخرى.

ويقودنا ذلك إلى استعراض العلاقة بين معدل البناء الضوئى للورقة الواحدة، ومعدل انتقال الغذاء المجهز منها؛ لما لذلك من تأثير بالغ فى المحصول.. وقد تبين وجود ارتباط إيجابى بين الصفتين فى الفول السودانى وعديد من النباتات من ذوات المسارات البنائية C_3 و C_4 على حد سواء (عن Bhagsari & Ashley ١٩٩٠).

وتتوفر اختلافات واضحة فى معدل البناء الضوئى بين مختلف الأنواع النباتية، ولكن الجانب الأكبر من تلك الاختلافات يعتمد على ما إذا كانت التحولات الكيميائية الحيوية ـ خلال عملية البناء الضوئى ـ تأخذ المسار C_3، أم المسار C_4؛ إذ توجد اختلافات وراثية فى معدل البناء الضوئى/ وحدة المساحة الورقية بين طرازى النباتات (تراجع طبيعة الاختلافات الحيوية بين طرازى النباتات تحت عنوان «التنفس الضوئى» فى هذا الفصل).

وبرغم أنه يمكن تقدير معدل البناء الضوئى بدقة عالية.. إلاّ أن الطرق المستخدمة فى هذا الشأن لا تناسب مربى النبات الذى يتعين عليه ـ فى كثير من الأحيان ـ تقييم مئات أو آلاف النباتات أو السلالات خلال فترة وجيزة من الزمن.

وقد أمكن ـ فى هذا الشأن ـ التوصل إلى طريقة تفيد ـ على الأقل ـ فى اكتشاف الطفرات الأقل كفاءة فى عملية البناء الضوئى (Photosynthetic Mutants). ويتم ذلك بتعريض النباتات للأشعة فوق البنفسجية فى الظلام؛ حيث تُظهر النباتات التى تحتوى على كلوروفيل غير طبيعى استشعاعاً أحمر اللون؛ وبذا يمكن التخلص منها. وتبدو تلك النباتات خضراء طبيعية اللون تحت ظروف الحقل، ولكنها لا تقوم بعملية البناء الضوئى بصورة

طبيعية لعدة أيام أو أسابيع فى مبدأ حياتها؛ الأمر الذى يجعلها ضعيفة النمو آنذاك، برغم أن نباتاتها الكاملة قد تبدو طبيعية (عن Walbot ١٩٧٧).

التنفس

يعد التنفس أهم العمليات الحيوية التى تستنفذ طاقة النبات؛ حيث يؤدى إلى استهلاك الغذاء ـ المجهز فى عملية البناء الضوئى ـ بدلاً من الاستفادة منه فى مزيد من النمو الخضرى الذى تزرع لأجله بعض النباتات كالخضر الورقية ومحاصيل المراعى، أو بالتخزين فى الأعضاء النباتية التى يزرع من أجلها المحصول، مثل: الجذر، والدرنات، والثمار، والبذور... إلخ .

وبذا .. فان خفض معدلات التنفس يعد أمراً حيوياً لزيادة المحصول. ويمكن تحقيق ذلك ـ وراثياً ـ بإحدى وسيلتين هما :

١ ـ تقليل الفاقد فى الكربون الناتج من التنفس الضوئى Photorespiration ـ فى النباتات ذات مسار البناء الضوئى C_3 ـ بالانتخاب.

٢ ـ زيادة كفاءة استفادة النبات من الطاقة بخفض نسبة الطاقة المستنفذة أثناء التنفس الظلامى Dark Respiration فى غير عمليات النمو.

التنفس الضوئى

يعرف ـ كما أسلفنا ـ طرازان من النباتات: C_3 و C_4 يختلفان فى المسارات البنائية التى يتم من خلالها تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى. وتعرف فئة النباتات التى تكون بأول المركبات الكربونية ـ التى تكّونها فى عملية البناء الضوئى ـ ثلاث ذرات كربون باسم C_3. ومن أمثلتها فول الصويا، والحبوب، ومعظم محاصيل المراعى. وتكون الكفاءة التمثيلية منخفضة فى غالبية هذه النباتات (الـ C_3)؛ بسبب ارتفاع معدل التنفس الضوئى فيها؛ الأمر الذى يستهلك حتى ٥٠٪ من الغذاء المجهز ـ من خلال عملية البناء الضوئى ـ فى المحاصيل ذات الكفاءة التمثيلية المنخفضة؛ مثل الفاصوليا، وفول الصويا، والقمح الربيعى.

أما النباتات التى تكون بأول المركبات الكربونية ـ التى تكونها فى عملية البناء الضوئى ـ أربع ذرات كربون.. فإنها تعرف باسم C_4، وهى تتضمن عدداً من محاصيل الجو الدافئ؛ مثل: الذرة، والسورجم، وبعض النجيليات الاستوائية. وتتميز تلك النباتات بارتفاع كفاءتها التمثيلية بسبب شدة انخفاض معدل التنفس الضوئى فيها، إلى درجة يصعب معها اكتشافه وتقديره.

وبرغم اختلاف فئتى النباتات ـ الـ C_3 ، و الـ C_4 ـ بشدة فى كفاءتهما التمثيلية، فإن الفرق بينهما يتحكم فيه إنزيم واحد هو الـ ribulose diphosphate carboxylase. ويعتقد البعض أن إدخال النظام الإنزيمى المرغوب فيه فى فئة النباتات الـ C_3 يؤدى إلى التخلص من الفاقد بالتنفس الضوئى إلى درجة قد يزيد معها المحصول الاقتصادى بنسبة ٥٠٪ فى محاصيل كالقمح وفول الصويا (Stoskopf ١٩٨١).

وتقدر الزيادة فى كفاءة عملية البناء الضوئى فى فئة النباتات ذات المسار C_4 بحوالى ٤٠٪. وبرغم ذلك.. فإن التربية لخفض الفاقد من التنفس الضوئى فى النباتات ذات المسار C_3 ـ بهدف زيادة إنتاجها المحصولى ـ لم تحقق نتائج ملموسة. فلقد وجدت اختلافات وراثية فى معدل التنفس الضوئى داخل الأنواع النباتية ذات المسار C_3، ولكن لم يظهر لتلك الاختلافات تأثير ثابت فى محصلة البناء الضوئى؛ حيث لم تظهر أية علاقة مؤكدة بين المتغيرين (عن Frey ١٩٨١).

التنفس الظلامى

إن للتنفس الظلامى دورين، أحدهما بنائى حيوى (أيضى) biosynthetic، والآخر يتعلق بعمليات «الصيانة Maintenance» العامة للنبات؛ ولذا.. فإن النباتات ربما تختلف فى تلك الصفة. ونجد فى المراحل المبكرة للنمو النباتى أن قدراً كبيراً من الطاقة يستنفد فى عمليتى انقسام الخلايا وزيادتها فى الحجم، بينما يحتاج النبات بعد ذلك إلى قدر ضئيل من الطاقة لمجرد عمليات الإدامة والصيانة.

فمثلاً.. نجد فى القطن أن ٣٠ - ٤٠٪ من ناتج عملية البناء الضوئى تستنفذ فى التنفس. وفى انجلترا.. وجد أن الطاقة اللازمة لعمليات الإدامة والصيانة فى الشعير تبلغ ٧٪ فقط من ناتج عملية البناء الضوئى فى شهر مايو (فى بداية حياة النبات)، وتزيد إلى نحو ٦٥٪ فى مرحلة امتلاء الحبوب. وقد أمكن انتخاب طرز من الشيلم بطيئة، وطرز أخرى سريعة فى معدل التنفس الظلامى فى الأوراق البالغة، وبلغت الزيادة فى المحصول التى تحققت فى الطرز البطيئة فى معدل التنفس الظلامى حوالى ٧٪.

وبناء على ما تقدم بيانه، فقد توصل الباحثون إلى أن فرصة تحسين المحصول تبدو ضعيفة عند التربية لخفض معدل التنفس الضوئى، بينما تبدو مشجعة وممكنة عند التربية بهدف خفض معدل التنفس الظلامى (عن Frey ١٩٨١).



تشكيل النباتات

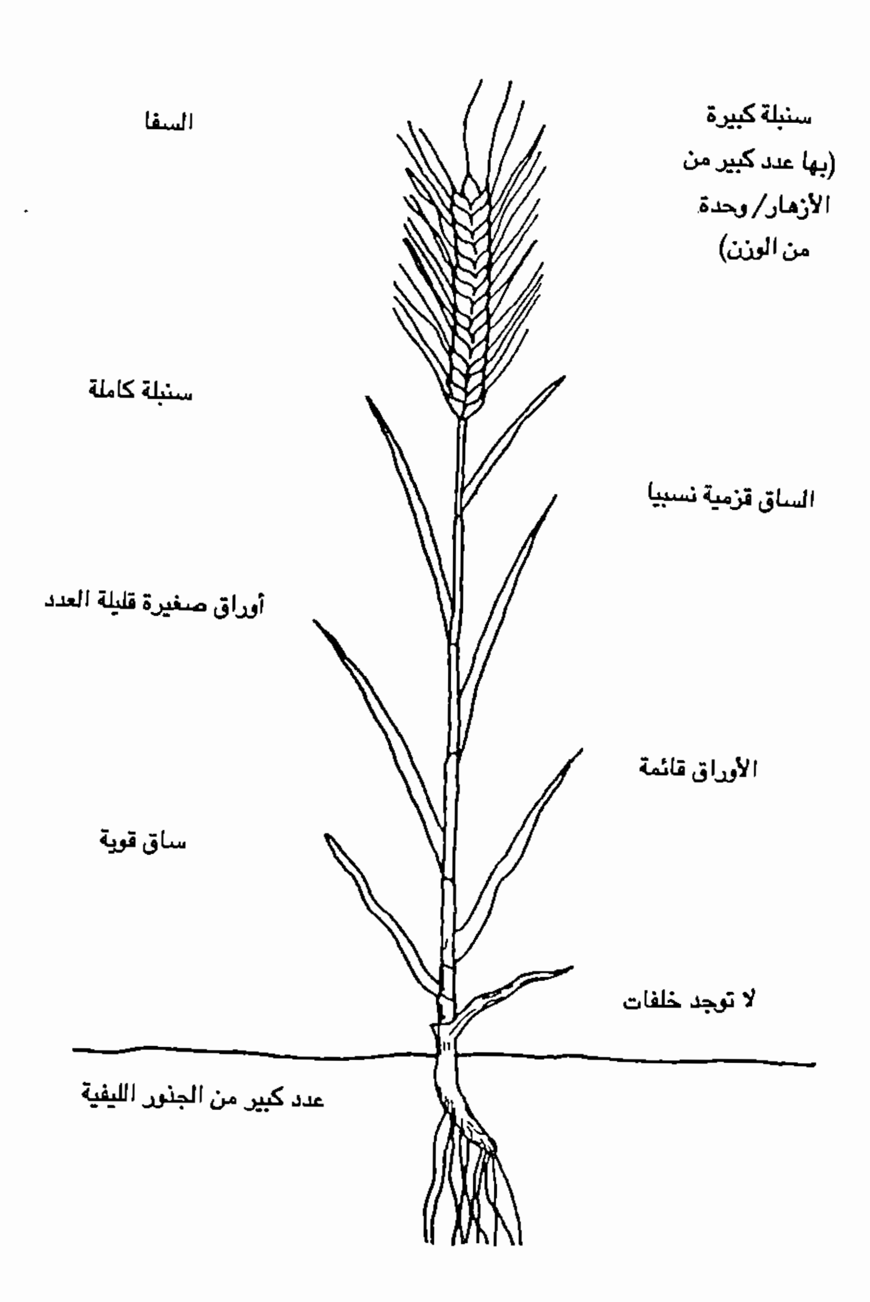
مفهوم النبات المثالى

حاول بعض مربى النبات عمل قائمة بالصفات الفسيولوجية والمورفولوجية التى تشكل ـ فى مجموعها ـ النبات المثالى (Ideotype) الذى ينبغى أن يكون هدفاً للمربى فى برامج التربية، ومن أمثله ذلك الـ ideotype الذى تم تخيله لنبات القمح (شكل ٣ ـ ١). ولكن.. نظراً لاختلاف المحاصيل الزراعية كثيراً فى صفاتها الفسيولوجية والمورفولوجية، ولأن هذه الاختلافات تمثل ـ فى جوهرها ـ وسائل تأقلم تلك المحاصيل على الظروف البيئية السائدة فى شتى المناطق التى تتواجد فيها؛ لذا.. يمكن القول بأنه لا يوجد شىءاسمه نبات مثالى (ideotype) فى تربية النباتات، وإنما توجد عدة طرز أو نماذج بيولوجية Biological Types.

هذا.. ويعطى Kalloo (١٩٨٨) قائمة بالجينات التى تتحكم فى صفات النمو الهامة فى عدد من محاصيل الخضر، والتى يمكن الاستعانة بها فى تصور الطرز البيولوجية ـ المناسبة لكل منها ـ فى شتى الظروف البيئية.

أهمية طبيعة نمو الغطاء النباتى

إن الغطاء هو الذى يؤثر ـ فى نهاية المطاف ـ فى كمية الغذاء التى يتم تصنيعها لكل وحدة من مساحة الأرض التى يشغلها النبات. ونجد أن الصفات المورفولوجية التى تتحكم



شكل (٣ - ١) : تصميم لنبات مثالي (An Ideotype) من القمح (عن Frey ١٩٨١).

فى بناء أو طبيعة نمو هذا الغطاء النباتى الأخضر هى ـ فى غالبيتها ـ صفات يسهل تقديرها، وتتميز بدرجات توريث عالية.

وترجع أهمية النمو النباتى إلى تأثيرها البالغ فى مقدار الطاقة الشمسية التى يمكن للنبات اكتسابها من خلال عملية البناء الضوئى؛ فالأوراق القائمة Erect تسمح بنفاذ قدر أكبر من الأشعة الشمسية إلى الأوراق السفلى؛ وبذا.. فإن فائدتها تكون كبيرة فى المناطق التى تتميز بارتفاع شدة الإضاءة.

وتعد صفة الأوراق القائمة من الصفات التى تظهر بوضوح فى طور البادرة، بحيث يمكن انتخاب النباتات الحاملة لها فى طور مبكر من النمو.

وفى المقابل.. فإن صفة الأوراق القائمة ربما لا تكون لها فائدة كبيرة فى محاصيل الحبوب التى يعتمد فيها امتلاء الحبوب على الأوراق العليا للنبات؛ مثل القمح والشعير اللذين يعتمد فيهما امتلاء الحبوب على الورقة العليا (flag leaf) والسفا؛ حيث يتم فيهما قدر كبير من عملية البناء الضوئى التى يخزن ناتجها ـ مباشرة ـ فى الحبوب، إلاّ أن السفا الكثيف قد يؤدى ـ أحياناً ـ إلى تظليل الأوراق.

ويعتقد البعض أن صفة الأوراق القائمة لا تظهر أهميتها إلاّ عندما يكون دليل مساحة الورقة (LAI) حوالى ٤,٠ ـ ٥,٠، وتزداد أهمية ذلك كلما ازداد النبات طولا (عن Frey ١٩٨١).

وبالمقارنة بالقمح والشعير.. فإن معدل البناء الضوئى منخفض فى نورة الأرز، التى تفضل ألاّ تكون فى موقع يؤدى إلى تظليل الأوراق. وتعد الأوراق التى توجد أسفل ورقة العلم flag leaf فى الأرز أكثر أهمية منها فى القمح والشعير. ولذا.. نجد أن لوضع الورقة والزاوية التى تصنعها مع الساق أهمية كبيرة فى نبات الأرز؛ لتحسين وصول الضوء إلى الأوراق السفلى. وتأكيداً لذلك.. تتميز أصناف الأرز الحديثة العالية المحصول بالأوراق القصيرة القائمة، والخلفات القائمة.

كذلك نجد أن نورات الذرة ليست عالية الكفاءة فى البناء الضوئى، ولذا.. تفضل أن تكون أوراقه قائمة وتعلو عن مستوى الكيزان.

وقد حققت أصناف القمح والأرز ذات السيقان القصيرة نجاحاً كبيراً لأسباب أخرى غير المحصول الجيد؛ فهى أكثر مقاومة للرقاد، وتستجيب للتسميد الآزوتى بكفاءة عالية دون أن يتداعى نموها النباتى؛ ولذا.. ازداد الاهتمام بانتخاب نباتات الحبوب الصغيرة (مثل القمح، والشعير، والسورجم، والشوفان) القصيرة. وتفضل فى هذا الشأن النباتات القزمية الطويلة tall dwarfs عن النباتات القزمية القصيرة short dwarfs (عن Wilson ١٩٨١)؛ نظرا لارتباط المحصول إيجابيا بطول النبات فى تلك الحدود؛ أى بحيث لا تؤدى زيادة الطول إلى رقاد النباتات (عن Coyne ١٩٨٠). كما أن النباتات القزمية القصيرة تكون قزمية فى نمواتها الخضرية والثمرية على حد سواء، بينما تكون النباتات القزمية الطويلة قزمية فى نمواتها الخضرية، وطبيعية فى نمواتها الثمرية.

كذلك تتوفر اختلافات كبيرة بين كل من الطرز ذات الأوراق القائمة والطرز ذات الأوراق المتدلية flappy - فى كل من القمح والشوفان - من حيث قدرتها على منافسة الحشائش، ولذلك الأمر تأثيره فى المحصول؛ مما يتعين أخذه فى الحسبان عند تقييم تلك الطرز. فمثلاً.. وجد فى أحد المواقع البحثية - التى كوفحت فيها الحشائش باستعمال المبيدات - (وكان ذلك فى أونتاريو بكندا) أن أحد أصناف القمح ذات الأوراق القائمة والساق القصيرة كان أعلى الأصناف محصولا، بينما كان نفس هذا الصنف فى موقع آخر - لم تستخدم فيه مبيدات الحشائش - أقل الأصناف المقيمة محصولا.

وقد تبين أن نمو الحشائش بين خطوط الزراعة فى حالة الأصناف القصيرة ذات الأوراق القائمة كان أكثر مما فى حالة الأصناف ذات الأوراق المتدلية؛ التى سرعان ما كونت غطاء نباتيا كثيفاً ساعد على تثبيط نمو الحشائش. ولو لم يؤخذ هذا العامل فى الحسبان لاختلفت التوصيات تماما بشأن هذه الأصناف.

هذا.. وتتوفر الاختلافات الطبيعية فى النمو النباتى بدرجة كبيرة تسمح للمربى بانتخاب ما يراه مناسباً منها. وعلى سبيل المثال.. كان مدى الاختلافات المشاهدة فى بعض الصفات المورفولوجية كما يلى (عن Stosopf ١٩٨١):

الصفـة	المـدى المشاهد
ارتفاع النبات (سم)	من ٦٠ ـ ٧٠ إلى ٦٥٠ ـ ٧٠٠
عدد الأوراق على الساق الرئيسية	٨ ـ ٤٨
طول الورقة (سم)	٣ ـ ١٥٢
عرض الورقة (سم)	٤ ـ ١٥
عدد الخلفات	١ ـ ١٢

وفى البسلة.. يتوقف المحصول ـ إلى حد كبير ـ على طبيعة النمو الخضرى للنبات؛ الأمر الذى دفع مربى النبات إلى محاولة التحكم فى شكل وطبيعة نمو نبات البسلة بالتربية.

تتوفر فى البسلة ثلاث طفرات متنحية فى شكل وطبيعة نمو البسلة؛ وهى: af التى تؤدى إلى تحول الوريقات إلى محاليق، و tl التى تحول المحاليق إلى وريقات، و st التى تجعل الأذينات صغيرة.

وقد قام Wehner & Gritton (١٩٨١) بمقارنة ثمانى سلالات ذات أصول وراثية متشابهة تقريباً near isogenic lines، وتختلف فى واحد أو أكثر من الجينات الثلاثة السابقة.. أى إن هـذه السلالات كانت كمـا يلى: طبيعـية تمامـاً وطفرية فى af فقـط، وطفـرية فـى st فقـط، وطفـرية فى af و tl، وطفـرية فى af و st (بـدون أوراق كلية)، وطفـرية فىtl و st وطفرية فى af و tl و st (شكل ٣ ـ ٢). وقد قارن الباحثان هذه السلالات فى موقعين مختلفين لمدة عامين. وكانت نتائجهما كما يلى :



شكل (٣ ـ ٢) : أشكال طفرات النمو الخضر af و tl و st في البسلة.

١ ـ انخفض محصول السلالتين af af tl tl st st ، و af af Tl Tl st st عن محصول السلالة الطبيعية، بينما تساوى محصول بقية السلالات الطفرية مع محصول السلالة العاديـة.

٢ ـ ظهر ارتباط جوهرى بين المحصول والمساحة الورقية.

٣ ـ كانت السلالتان af af Tl Tl St St و af af Tl Tl st st أكثر مقاومة للرقاد من السلالة الطبيعية تماماً.

٤ ـ كان نمو بادرات السلالة af af Tl Tl st st بطيئاً نسبياً.

٥ ـ تميزت السلالة af af Tl Tl St St (وفيها تتحول الوريقات إلى محاليق، بينما تبقى المحاليق والأذينات على حالها) بتساوى محصولها مع النباتات الطبيعية، بينما اختلفت عنها ـ كثيراً ـ مورفولوجياً. ومن أهم المزايا التى يحققها هذا الجين (af) ما يلى:

أ ـ تسهيل عملية الحصاد.

ب ـ تسهيل جفاف المحصول فى حقول إنتاج البذور الجافة.

جـ ـ تقليل انتشار الإصابات المرضية خاصة فى المناطق الرطبة.

د ـ تقليل رقاد النباتات.

هذا.. علماً بأن استخدام هذا التركيب الوراثى فى الزراعة لا تلزم معه زيادة كثافة الزراعة، وذلك خلاف التركيب الوراثى af af Tl Tl st st (الذى يكون خالياً تماماً من الأوراق)، الذى يتطلب زيادة كثافة الزراعة لزيادة المحصول فى وحدة المساحة (Hedley & Ambrose ١٩٨١).

وفى دراسة على معدلات النمو فى هذه السلالات.. قارن Pyke & Hedley (١٩٨٣) ثلاث سلالات؛ هى: العادية Af Af Tl Tl St St، ونصف الورقية af af Tl Tl St St، والخالية من الأوراق af af Tl Tl st st ، وتبين لهما أن معدل النمو النسبى Relative Growth Rate كان واحداً فى كل من الطرازين الطبيعى ونصف الورقى، ولكنه كان منخفضاً فى الطراز الخالى من الأوراق.

علاقة النمو النباتى (الجذرى والخضرى) بمقاومة الرقاد

تعد مقاومة الرقاد من أهم الصفات المؤثرة فى المحصول، خاصة فى الحبوب؛ لأن الرقاد يترتب عليه عدم امتلاء الحبوب بصورة جيدة، وعدم التمكن من حصاد النباتات آليا، وزيادة احتمالات إصابة النباتات بالأمراض؛ حيث تكون مكدسة فوق بعضها، وقريبة من سطح التربة.

ومن أهم الصفات التى يتعين توفرها لجعل النباتات أكثر مقاومة للرقاد: قصر الساق، وصلابتها، ومرونتها، وتوفر مجموع جذرى كثيف يثبت النبات فى التربة بصورة جيدة، ومقاومة الأمراض والآفات التى تضعف الساق والجذور (عن إلياس ومحمد ١٩٨٥).

وقد وجد Stoffella & Kahn (١٩٨٦) علاقة طردية بين حجم النمو الجذرى والقوة اللازمة لانتزاع النباتات من التربة، وكذلك بين تلك القوة ومقاومة النباتات للرقاد فى عدد من محاصيل الخضر؛ مثل: الذرة السكرية، والفلفل، والفاصوليا.

وترتبط مقاومة الرقاد فى الذرة السكرية بوجود سلاميات قاعدية قصيرة، مع عدد كبير من الجذور الدعامية prop roots.

النباتات القزمية

كان جريجور مندل أول من كتب عن النباتات القزمية dwarfs، وكان ذلك على البسلة فى عام ١٨٦٦ . ومنذ ذلك الحين.. اكتشفت النباتات القزمية وراثياً فيما لا يقل عن ١٧ عائلة من مغطاة البذور. ومن بين أهم النباتات الزراعية ـ غير البسلة ـ التى تعرف فيها طفرات قزمية: القمح، والأرز، والشعير، والسورجم، والطماطم، والخيار، والكوسة، والبطيخ.

وقد أصبحت لنباتات القمح والأرز القزمية أهمية كبيرة فى الزراعة منذ أواخر الستينيات، وهى تعرف باسم «شبه القزمية "semi - dwarfs"»؛ تمييزا لها عن النباتات القزمية فى كل من النموات الخضرية والثمرية؛ نظراً لأن النموات الثمرية لهذه النباتات شبه القزمية لا تكون أقل حجما مما فى النباتات الطبيعية.

وترجع صفة التقزم فى الأصناف التجارية الهامة من القمح والأرز ـ وغيرهما من النباتات الزراعية الهامة ـ إلى قصر سلاميات الساق؛ بسبب احتوائها على عدد أقل من الخلايا/ سلامية.

وتتميز النباتات القزمية ـ مقارنة بقريناتها من النباتات العادية ـ بما يلى :

١ ـ تُعد أكثر صلاحية للحصاد الآلى.

٢ ـ تصل إلى أعضائها التكاثرية (البذور أو الثمار) نسبة أعلى من العناصر الغذائية الممتصة من التربة.

٣ ـ يزداد فيها دليل الحصاد.

٤ ـ تكون أكثر محصولا بالنسبة لوحدة المساحة من الأرض تحت الكثافة الزراعية العالية والتسميد الجيد (عن Hansche & Beres ١٩٨٠).

وفى الفاكهة.. كان أول اكتشاف للطفرات القزمية فى الخوخ عام ١٨٥٧، وهى تعرف حاليا فى عدد كبير من أنواع الفاكهة والنقل، ومن السهل اكتشافها. وبطبيعة الحال.. فإن ما يهم المربى من هذه الطفرات تلك التى تُحدث تقزما بالنمو الخضرى دون أن يكون لها تأثير فى النمو الثمرى.

فمثلاً.. ظهرت طفرتان قزميتان مستقلتان فى التفاح كانت إحداهما فى الصنف Mcintosh Wijcik، والأخرى فى الصنف Mcintosh Bending، وكان النمو الخضرى فى الطفرة الأولى قوياً، مع قلة عدد الفروع الجانبية، وكثرة الدوابر الثمرية، وكبر الأوراق. وتبين أن هذه الطفرة يتحكم فيها عامل وراثى واحد سائد، مع بعض العوامل المحورة التى يؤدى وجودها إلى نقص قليل فى عدد النباتات القزمية المنعزلة. كما أوضحت الدراسات الوراثية أن الطفرتين متماثلتان تماما، وقد زرعت نباتات التفاح القزمية هذه على مسافة ١,٨م من بعضها فى الخط (Lapins ١٩٧٦).

وتعطى أشجار الفاكهة القزمية محصولاً عالياً من وحدة المساحة عندما تكون زراعتها كثيفة؛ لأن هذه النباتات تكون قصيرة ومندمجة النمو للغاية. فطفرة الخوخ - مثلاً - ذات سلاميات قصيرة جداً، ولا يزيد طول الشجرة عند اكتمال نموها على ١,٨م. وهذه الطفرة تعد أطول بنحو ٦٠ - ٩٠ سم مقارنة بطفرات أخرى معروفة فى الخوخ؛ ولذا.. فإنها أقرب إلى النباتات شبه القزمية - التى سبق ذكرها - فى القمح والأرز، كما أنها تؤثر فى النمو الخضرى دون أن يكون لها أية تأثيرات فى الأعضاء التكاثرية.

ويمكن لأشجار الخوخ الحاملة لهذا الجين أن تثمر قبل الأشجار العادية بنحو سنتين، ولا تتطلب أى تقليم خلال السنوات السابقة للحمل، بعكس الأشجار العادية، وتعطى محصولاً عالى الجودة يصل - وهى فى عمر ٤ سنوات - إلى ٧٣ طنا/ هكتار عند زراعتها بكثافة ٢٠٠٠ شجرة/ هكتار (وهو محصول يبلغ ثلاثة أمثال محصول الأشجار العادية التى من نفس العمر، ونحو ضعف محصول الأشجار العادية التى فى عمر ٧ سنوات)، كما لا يحتاج الأمر إلى سلالم لإجراء العمليات الزراعية.

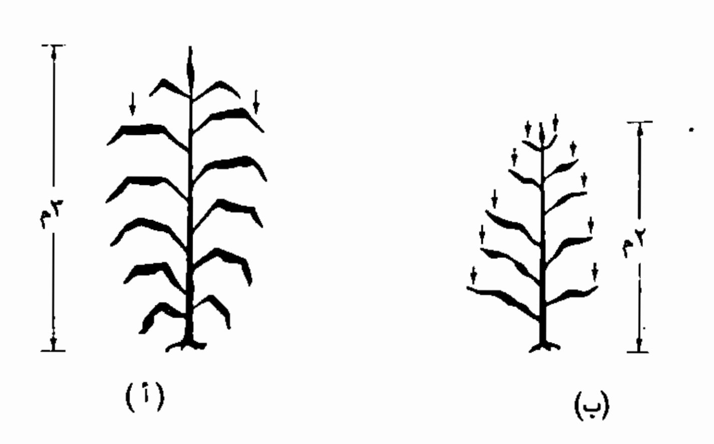
ومن المزايا الأخرى التى تحققها أشجار الفاكهة القزمية - بالنسبة للمربى - سرعة إنجاز برنامج التربية؛ بسبب قصر فترة الحداثة Juvenile period، وقلة تكلفته الإجمالية لاحتياجه إلى مساحة أقل وفترة زمنية أقصر لتنفيذه (Hansche & Beres ١٩٨٠).

تشكيل النباتات (معمارها، أو هندستها)

بعد أن قدمنا لمفهوم النبات المثالى وتأثير طبيعة النمو النباتى فى المحصول ننتقل الآن إلى استعراض ما يفكر فيه مربى النباتات بشأن تشكيل النبات أو معماره أو هندسته - وهو ما يعرف فى الإنجليزية باسم Plant Architecture - بهدف زيادة المحصول، سواء أتحقق ذلك من خلال زيادة محصول النبات الواحد، أم زيادة المحصول من وحدة المساحة من الأرض. ومن أمثلة هذه الطرز التشكيلية - أو المعمارية - تلك المبينة فى أشكال (٣ - ٣، و٣ - ٤، و ٣ - ٥).

ففى شكل (٣ - ٣) يظهر طرازان من النمو النباتى: (أ)، و (ب). يتميز الطراز (أ)

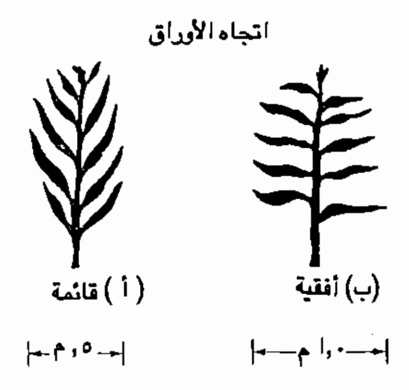
بالنمو القوى، والأوراق العريضة المتدلية المنتشرة جانبياً. ومثل هذه النباتات تنافس الحشائش بصورة جيدة، علماً بأن ذلك ليس له أهمية فى الدول التى تُستخدم فيها مبيدات الحشائش بشكل روتينى. أما الطراز (ب).. فإنه يتميز بنمو خضرى صغير نسبياً، وبأوراق قائمه تسمح بتخلل قدر أكبر من الضوء إلى الأوراق السفلى، التى تكون - بالتالى - نشطة فى عملية البناء الضوئى؛ الأمر الذى قد يؤدى إلى زيادة الكفاءة التمثيلية للنبات ككل. ونظراً لقلة عدد الأوراق فى الطراز (ب) مقارنة بالطراز (أ).. فإنه - أى الطراز (ب) - قد ينمو خضريا لفترة أقل، وقد يعطى محصولاً أعلى؛ بسبب زيادة استقبال أوراقه للضوء، ولأنه يزرع منه عدد أكبر من النباتات فى وحدة المساحة من الأرض، بالإضافة إلى تميزه بفترة ممتدة لامتلاء الحبوب (أو الثمار عموما).



شكل (٣ - ٣) : طرازان للنمو النباتى؛ أحدهما قوى ذو أوراق عريضة متدلية (أ)، والآخر صغير ذو أوراق قليلة، ويشبه - فى نموه - شجرة عيد الميلاد (ب).

ويبين شكل (٣ - ٤) طرازين لتوجه الأوراق: (أ) نبات ذو أوراق قائمة، وهو يتطلب - غالباً - مساحة أقل من الأرض، وتلزم معه زيادة كثافة الزراعة، و(ب) نبات ذو أوراق ممتدة

أفقيا لمسافة أكبر مما فى (أ) . وإذا زرع كلاهما على نفس الكثافة، فإن الطراز (أ) ذا الأوراق القائمة يكون أكفأ من (ب) فى «حصاد» أشعة الشمس والاستفادة منها.



شكل (٣ ـ ٤) : طرازان للنمو النباتي؛ أحدهما ذو أوراق قائمة (أ)، والآخر ذو أوراق أفقية تنتشر جانبيا (ب).

أما شكل (٣ ـ ٥)، فإنه يبين طراز النبات النموذجى ideal plant، الذى يتميز بما يلى: الأوراق العليا قائمة النمو وتتجه إلى أعلى، والأوراق السفلى تميل تدريجيا إلى النمو الأفقى، ولكنها قصيرة نسبياً، والنبات نفسه يحتوى على عشر أوراق فقط، وقصير نسبياً، وذو فترة نمو خضرى قصيرة، وفترة إثمار طويلة. ويكون هذا الطراز مناسباً للزراعة بكثافة عالية فى خطوط ضيقة.



شكل (٣ ـ ٥) : طراز النمو للنبات النموذجى Ideal Plant.

مما تقدم يتضح بيانه أن الأوراق القائمة المتجهة إلى أعلى مفضلة على الأوراق الأفقية الممتدة أفقياً، ولعل السبب الرئيسى وراء ذلك هو استقبال الطراز الأول للضوء بصورة أفضل؛ وبذا.. تزيد كفأءة النبات فى الاستفادة من الضوء الساقط عليه فى عملية البناء الضوئى.

فنجد أن شدة الضوء الذى تستقبلة الأوراق عند الظهيرة فى يوم مشرق تتراوح من ١٠٠٠٠ إلى ١٢٠٠٠ قدم ـ شمعة، ولا يمكن لأوراق معظم الأنواع النباتية «حصاد» كل هذه الطاقة؛ بسبب زيادة شدة الإضاءة كثيراً عما يلزم لوصول عملية البناء الضوئى إلى أقصى معدلاتها؛ لأن ذلك يحدث عند شدة إضاءة تتراوح من ٢٠٠٠ ـ ٣٠٠٠ قدم ـ شمعة، وهى شدة الإضاءة التى تعرف باسم التشبع الضوئى Light saturation. ولكن مع نشر الضوء الساقط على مساحة ورقية أكبر.. فإن شدة الإضاءة التى تستقبلها كل ورقة تكون أقل، وتزيد معها كفاءة النبات فى «حصاد» تلك الطاقة فى البناء الضوئى.

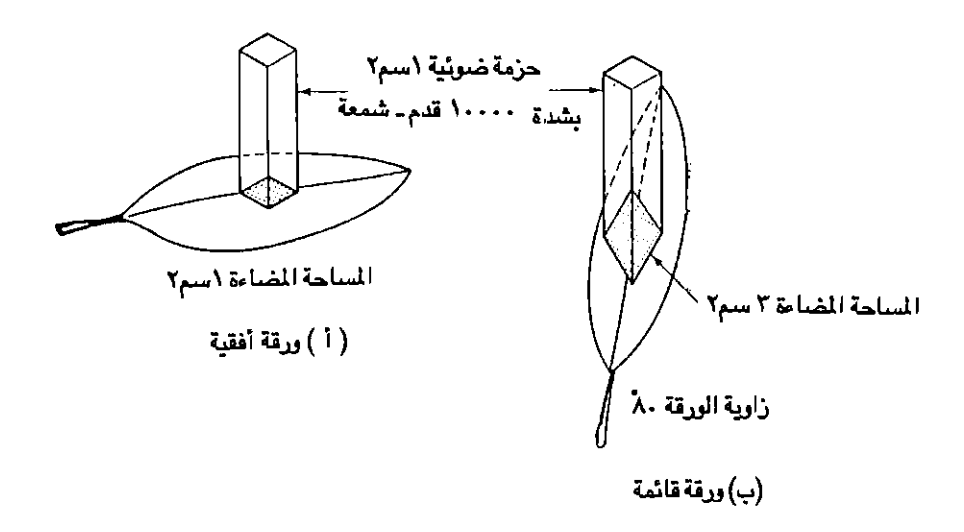
دعنا نتخيل سقوط حزمة ضوئية رأسية تبلغ شدتها ١٠٠٠٠ قدم ـ شمعة على ورقة أفقية (شكل ٣ ـ ٦). افترض بعد ذلك أن الورقة اتجهت تدريجيا إلى النمو القائم إلى أعلى. إن المحصلة الحتمية لهذا التغير فى وضع الورقة هو زيادة مساحة الجزء من الورقة المستقبل لحزمة الضوء. وعند زاوية ٨٠° ـ من الوضع الأفقى ـ نجد أن شدة الضوء (الذى يكون موزعاً على مساحة كبيرة من الورقة) تنخفض إلى مستوى التشبع الضوئى.

ويمكن حساب المساحة الورقية التى تستقبل الحزمة الضوئية فى الورقة القائمة هكذا:

$$\text{المساحة} = \frac{١}{\text{جيب تمام Cosine الزاوية}} = \frac{١}{\text{جيب تمام }٨٠^\circ} = ٣\text{سم}^٢$$

وتكـون شـدة الإضــاءة التـى تستقبلـها تلك المساحـــة = $\frac{١٠٠٠٠}{٣}$ = ٣٣٠٠ قــدم ـ شمعــة /سم٢.

هذا.. إلا أنه لا يطبق التحليل السابق بيانه ـ مباشرة ـ تحت كل الظروف الحقلية.. فبرغم أن أشعة الشمس تأتى دائماً من اتجاه الشمس (أى من اتجاه واحد فى أية لحظة)، إلا أن

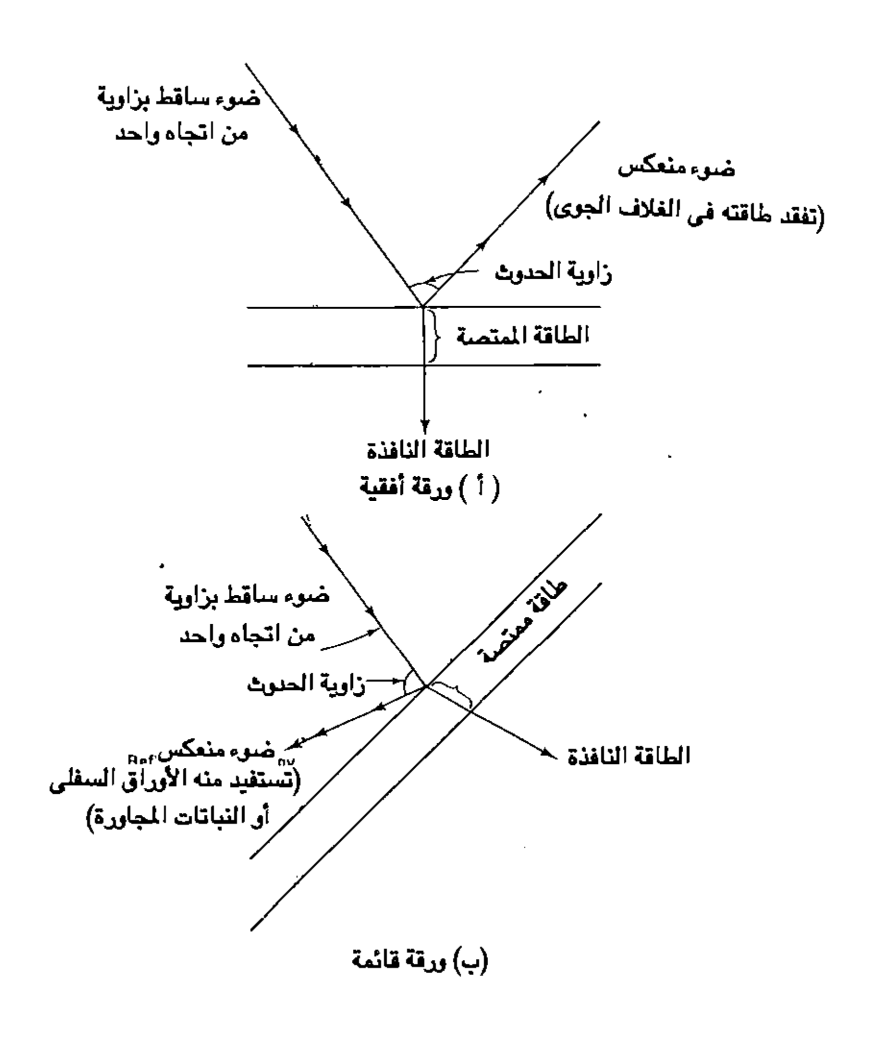


شكل (٣ ـ ٦) : المساحة الورقية التى تستقبل حزمة من الضوء الساقط عليها رأسيا فى كل من الأوراق الأفقية (أ)، والقائمة إلى أعلى (ب).

السحب تشتت الضوء إلى درجة أنه يصل إلى النبات من جميع الاتجاهات بدرجات متساوية تقريبا. كما أن بعض النباتات توجه أوراقها فى مقابل الشمس، وهى الظاهرة التى تعرف باسم الانتحاء الضوئى Phototropism.

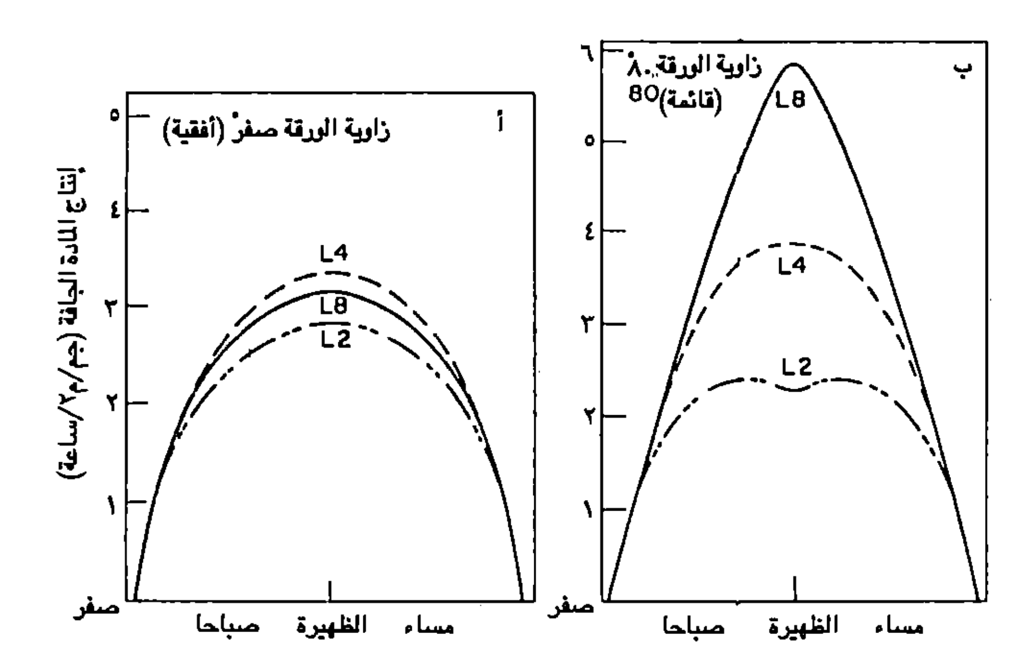
هذا.. وتبلغ كفاءة النبات ـ ككل ـ فى عملية البناء الضوئى أقصى معدلاتها فى شدة إضاءة ٨٠٠ قدم ـ شمعة. وبرغم أن معدل البناء الضوئى للورقة الواحدة يكون ـ فى هذه الحالة ـ منخفضاً، إلا أن العشيرة النباتية تكون استفادتها أفضل من كل الضوء الساقط، وتزداد استفادة العشيرة من هذا الضوء إذا كانت الأوراق قائمة. ولكن استمرار انخفاض شدة الإضاءة عن ذلك يكون مصاحباً بنقص فى معدل البناء الضوئى، إلى أن يتساوى معدل البناء مع معدل الهدم بالتنفس عند شدة إضاءة ٣٠٠ قدم ـ شمعة، وهى ما تعرف بنقطة التعادل أو التكافؤ الضوئى Light Compensation Point، ودونها تصبح الكفاءة التمثيلية سالبة القيمة.

ويبين شكل (٣ ـ ٧) مصير الأشعة الضوئية الساقطة بزاوية (حوالى ٤٥ْ) على ورقة أفقية (أ)، وأخرى قائمة إلى أعلى (ب)، والذى يتضح منه أن الضوء المعكوس من سطح الورقة يفقد فى الفضاء فى حالة الورقة الأفقية، بينما يتجه نحو الأوراق السفلى ـ التى تستفيد بدورها منه ـ فى حالة الورقة القائمة إلى أعلى.



شكل (٣ ـ ٧) : مصير الأشعة الضوئية الساقطة بزاوية (حوالى ٤٥ْ) على ورقة أفقية (أ)، وأخرى قائمة إلى أعلى (ب).

وقد استخدم الحاسوب (الكمبيوتر) فى تقييم مدى أهمية الأوراق القائمة للنبات، وتبين أن الأوراق التى تكون بزاوية مقدارها ٨٠ْ ترتبط - فى المناطق الباردة - بمحصول أعلى عن الأوراق التى تكون بزاويا أقل. وتظهر الاختلافات النظرية فى البناء الضوئى (معبرا عنها بكمية المادة الجافة المنتجة بالجرام /م٢ من الأرض /ساعة) للأوراق الأفقية تماماً (صفرْ)، وللأوراق المائلة على الوضع الأفقى بزاوية مقدارها ٨٠ْ - عندما يكون دليل مساحة الورقة ٢,٠، أو ٤,٠، أو ٨,٠ - تظهر الاختلافات النظرية بين هذه الحالات فى شكل (٣ - ٨). ويبدو من الشكل أن أهمية الأوراق القائمة تكون واضحة جلية عندما تكون شده الضوء أعلى ما يمكن وقت الظهيرة.



شكل (٣ - ٨) : القيم النظرية (المحسوبة بالحاسوب) لتراكم المادة الجافة فى نبات الذرة عند اختلاف زاوية ميل الورقة، ودليل مساحة الورقة (L)، والوقت من النهار فى المناطق الباردة.

وفى دراسات لاحقة لذلك.. تبين أن أعلى معدل للبناء الضوئى يكون فى النباتات التى تتميز بأوراق علوية قائمة لأعلى، بينما تميل أوراقها التالية تدريجيا إلى الوضع الأفقى، ولا يكون للأوراق القائمة أهمية تذكر إلا عندما يزيد دليل مساحة الورقة على ٢,٠؛ ذلك لأن زيادة دليل مساحة الورقة تعنى ضرورة أن تكون الأوراق قائمة، ليمكن لكمية أكبر من الضوء النفاذ إلى الأوراق السفلى. كما أن هذه الدراسة أوضحت زيادة أهمية صفة الأوراق القائمة فى المناطق الاستوائية؛ نظراً لزيادة شدة الإضاءة - فى تلك المناطق بكثير - عما يلزم الأوراق لكى تصل إلى أقصى معدلات البناء الضوئى، مقارنة بالمناطق الشمالية.

وتؤكد عدة دراسات عملية أن الأوراق القائمة تؤدى إلى زيادة المحصول (كما فى الذرة، والشعير، وبنجر السكر)، وزيادة شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق السفلى.

هذا.. إلا أن جهود التربية التى بذلت فى هذا المجال لم يترتب عليها نجاح كبير، وربما يرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ - ربما لا تستمر الورقة القائمة إلى أعلى - فى بداية نموها - قائمة طوال فترة حياة النبات. ففى محاصيل الحبوب.. أمكن رصد حالات كانت فيها الأوراق قائمة إلى أعلى بشكل ملحوظ أثناء مرحلة النمو الخضرى، ولكن الأوراق اتخذت وضعاً يميل إلى الوضع الأفقى تدريجيا مع بداية ظهور السنابل، وهى المرحلة المهمة التى يتم بعدها تكون الحبوب وامتلائها. ومع خروج السنبلة من غلافها.. امتد الجزء العلوى من غمد الورقة جانبيا، وأجبر ورقة العلم flag leaf على اتخاذ وضع أفقى. ومع تقدم النبات فى العمر.. بدأت الأوراق تتدلى إلى أسفل.

٢ - لم تثبت صفة الأوراق القائمة فى كل الظروف البيئية. ويتضح ذلك جليا فى المستويات المختلفة للتسميد الآزوتى؛ حيث تميل الأوراق القائمة إلى الارتخاء إلى أسفل عند زيادة النيتروجين فى التربة (عن Stoskopf ١٩٨١).



وراثة المحصول، ومكوناته، والتقدم فى جهود التربية

مكونات المحصول ووراثتها

نظراً لكون «المحصول الاقتصادى» الذى يزرع لأجله النبات صفة معقدة، يصعب إحراز تقدم سريع فيها بالتربية، لتأثرها الشديد بالعوامل البيئية من جهة (الأمر الذى يُخَفِّض درجة توريثها كثيراً)، ولكونها محصلة لعديد من الصفات النباتية من جهة أخرى، لذا.. كان اتجاه مربى النبات نحو دراسة مكونات المحصول - كل على حدة - مع محاولة الجمع بين المكونات العالية - معاً - فى تركيب وراثى واحد يكون ذا قدرة إنتاجية عالية.. ولعل البقوليات من أبرز النباتات التى درست فيها مكونات المحصول، ولذا.. فإننا نستعين بها كأمثله لتوضيح هذا الموضوع.

البسلة

يتحدد محصول البسلة (W) بعدد من المكونات؛ هى: عدد القرون بالنبات (X)، وعدد البذور بالقرن (Y)، ومتوسط وزن البذرة (Z)، وعدد البذور بالنبات.

وقد وجدت اختلافات بين سلالات البسلة فى عدد البويضات بالمبيض؛ حيث تراوحت من ٤ - ١٢ بويضة أو أكثر. وتعد هذه الصفة أقل تأثراً بالعوامل البيئية من صفة عدد البذور

بالقرن. وتبين من دراسات Marx & Mishanec (١٩٦٢) على هذه الصفة فى السلالة PI 236493 ـ التى تنتج حتى ١٢ بويضة بالمبيض، والتى لقحت مع خمس سلالات تنتج بويضات يقل عددها بمقدار ١٠ ـ ٢٠٪ عما فى هذه السلالة ـ أن هذه الصفة بسيطة، وأن العدد القليل من البويضات بالمبيض يسود على العدد الكبير.

وأوضحت دراسات Krarup & Davis (١٩٧٠) أنه يتحكم فى محصول البسلة ومكوناته نظام وراثى إضافى، مع انحراف بسيط عن التأثير الإضافى، خاصة بالنسبة لكل من X، وY، وعدد البذور بالنبات. وتراوحت درجة التوريث من ٠,٣٨ لعدد البذور بالنبات إلى ٠,٦٥ لمتوسط وزن البذرة (Z). وكان أعلى ارتباط للمحصول (W) مع(X)، وتلاه الارتباط مع(Y)، ثم مع(Z). ويعتقد الباحثان أن (X) هى أفضل دليل للانتخاب للمحصول فى البسلة الجافة.

وفى دراسة أخرى.. قدر Pandey & Gritton (١٩٧٥) درجة التوريث ـ على النطاق الضيق ـ بنحو ٠,٠٨ فقط بالنسبة لصفة البذور الجافة (W)، بينما ارتفع التقدير إلى ٠,٨٠ بالنسبة لصفة متوسط وزن البذرة (Z).

وحاول مربو البسلة زيادة المحصول ـ بتربية أصناف تحتوى على عدد أكبر من القرون عند كل عقدة ـ واكتشفت طفرات بها ٣ قرون عند كل عقدة، واستخدمت فى إنتاج أصناف محسنة تحتوى على هذه الصفة، إلا أنه لم تحدث زيادة كبيرة فى المحصول نتيجة لذلك؛ مقارنة بالزيادة التى حدثت عند زيادة العدد من قرن إلى قرنين عند كل عقدة. وكان مرد ذلك إلى أن الأصناف ذات القرون الثلاثة ـ عند كل عقدة ـ كانت قرونها أقصر، وازدادت فيها نسبة البويضات التى تفشل فى إكمال نموها.

وتتوفر اختلافات وراثية فى عدد الأزهار عند كل عقدة؛ حيث يصل عدد الأزهار إلى ست أزهار وأكثر، كما تتوفر تباينات وراثية أخرى فى حجم القرن، إلا أن ذلك كله يرتبط بحجم البذرة، الذى يصبح عاملاً محدداً فى حالة زيادة عدد القرون، أو عدد البذور بالنبات.

الفاصوليا

كما سبق أن أوردنا تحت البسلة.. فإن محصول الفاصوليا من البذور الجافة يرتبط ـ هو الآخر ـ بمكونات هذا المحصول؛ وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرن، ومتوسط وزن البذور. وقد وجد Coyne (١٩٦٨) ارتباطاً جزئياً بين المحصول وتلك الصفات الثلاث، كما وجد ارتباطاً موجباً منخفضاً بين مكونات المحصول المختلفة؛ مما يدل على إمكان زيادة المحصول بالانتخاب لأحد مكوناته، دون أن يؤثر ذلك فى المكونات الأخرى. وفى تلك الدراسة.. كانت صفة العدد الكبير من القرون بالنبات سائدة سيادة تامة، ولكن درجات التوريث ـ المقدرة لكل من صفات المحصول ومكوناته ـ كانت منخفضة.

اللوبيا

أوضحت عديد من الدراسات أنه يمكن الآن الانتخاب للمحصول المرتفع فى اللوبيا بالانتخاب لأحد مكونات المحصول الرئيسية، وهى: عدد القرون بالنبات، وعدد البذور بالقرن، وحجم البذور، إلا أنه يفضل ـ دائماً ـ الانتخاب لصفة المحصول ذاتها. هذا.. وقدرت درجة التوريث ـ على النطاق العريض ـ بنحو ٥٤,٨٪ لصفة عدد القرون بالنبات، وبنحو ٤٦,١٪ لصفة محصول البذور.

التقدم فى جهود التربية لزيادة المحصول

ليس من الممكن ـ ولا من الضرورى ـ إجراء حصر شامل لجهود التربية لتحسين المحصول الاقتصادى فى شتى المحاصيل الزراعية؛ لأن ذلك يخرج بالكتاب عن هدفه. ونكتفى فى هذا الجزء بإلقاء الضوء على حالات خاصة تفيد فى فهم الأساس الفسيولوجى للتحسين الوراثى؛ الذى أمكن تحقيقة فى المحصول الاقتصادى لبعض النباتات بالتربية، واهتمامات مربى النبات فى هذا المجال، والدروب التى يسلكها لتحقيق أهدافه.

الطماطم

أولا: المحصول المبكر

يجرى الانتخاب للتبكير فى النضج ـ عادة ـ على أحد الأسس التالية:

١ ـ التبكير فى الإزهار أو العقد، أو نضج الثمار قبل موعد معين يتم تحديده سلفاً (على أساس نقص المعروض من الطماطم فى الأسواق خلال فترات معينة)، أو مقارنة بأى صنف آخر يكون من الأصناف القياسية المبكرة، أو التى تزرع على نطاق واسع.

٢ ـ كمية المحصول المبكر الذى يتحدد ـ عادة ـ على أحد الأسس التالية :

أ ـ المحصول الذى يتم حصاده خلال الخمسة عشر يوماً الأولى من موسم الحصاد.

ب ـ محصول الجمعتين أو الجمعات الثلاث الأولى.

ج ـ المحصول الذى يتم حصاده قبل بداية الحصاد من الصنف القياسى.

د ـ المحصول الذى يتم حصاده قبل تاريخ معين.

وتوجد مقاييس أخرى لتحديد المحصول المبكر. وعموماً.. فإن المربى يأخذ منها ما يناسبه.

وقد درس الارتباط بين التبكير فى النضج وصفات نباتية أخرى؛ بهدف الانتخاب لصفة التبكير دونما حاجة إلى الانتظار لحين نضج المحصول. فمثلاً.. وجد Pandita & Andrew (١٩٦٧) ارتباطاً معنوياً سالباً بين محتوى الورقة من عنصر الفوسفور، وعدد الأيام حتى النضج، وذلك فى عدد من أصناف الطماطم التى تختلف فى موعد نضجها. كان الارتباط ـ فى النباتات الصغيرة التى يبلغ عمرها ٦ ـ ٨ أسابيع ـ أكبر مما فى النباتات الأكبر التى يبلغ عمرها ١٠ ـ ١٢ أسبوعاً. واقترح الباحثان الانتخاب لصفة التبكير فى النضج، بتحليل مستوى الفوسفور فى أوراق النباتات ـ وهى فى مرحلة مبكرة من نموها ـ بدلاً من الانتظار لحين نضج الثمار. هذا.. وقد وجد الباحثان ارتباطاً وثيقاً مماثلاً فى محصول الخس.

وتبعاً لـ Boswell (١٩٣٧).. فإن موعد النضج صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى - غالباً - نظراً لأن نباتات الجيل الأول تكون وسطاً بين الأبوين، بينما تظهر كل التدرجات فى موعد النضج فى نباتات الجيل الثانى. ويعتبر التبكير فى النضج من الصفات المنخفضة فى درجة توريثها؛ حيث قدرت على النطاق العريض (Broad Sense Heritability) بنحو ٢١٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢).

ثانيا : المحصول الكلى

إن صفة المحصول - كما هو معلوم - صفة كمية مركبة. ويذهب بعض مربى النبات إلى اعتبار أن المحصول هو محصلة فعل جميع الجينات التى يحملها النبات، وهو قول لا يذهب بعيداً عن الواقع. ولكن تتفاوت الصفات النباتية - كثيراً - من حيث تأثيرها فى المحصول. ولا يمكن معرفة الحجم الحقيقى لتأثير كل جين إلا بإنتاج سلالات تختلف فى آليلات هذا الجين - بينما تكون أصولها الوراثية متشابهة (isogenic lines) - ثم مقارنة محصولها.

ومن أبرز الأمثلة على الصفات المؤثرة فى المحصول برغم أنها لا تذكر - عادة - فى هذا الشأن صفتا النمو المحدود مقابل النمو غير المحدود والنمو الطبيعى مقابل النمو المتقزم.. علما بأن كلتيهما صفة بسيطة يسود فيها النمو غير المحدود والمتقزم على التوالى. كما يتوقع أن يكون لصفات الورقة تأثيرات متباينة فى المحصول الكلى للنبات، ومن أمثلتها: صفات اللون الأخضر مقابل اللون الأخضر المصفر، والطبيعية المظهر مقابل الذابلة Wilty، والعادية الشكل مقابل الشبيهة بورقة البطاطس.. علما بأن جميعها صفات بسيطة يسود فيها اللون الأخضر، والمظهر والشكل الطبيعيين على التوالى. هذا.. بينما لا يتوقع أن يكون لصفات أخرى أى تأثير فى المحصول؛ مثل صفة لون ساق البادرة الأرجوانى مقابل اللون الأخضر، وهى صفة بسيطة يسود فيها اللون الأرجوانى.

هذا.. إلاّ أنه عند التربية للمحصول.. فإن جل اهتمام المربى ينصب إما على المحصول الكلى مباشرة، وإما على مكونات هذا المحصول - كل على حدة - وإما على الصفات الفسيولوجية التى يكون لها دور مباشر فى التأثير فى المحصول.

ومن أهم مكونات المحصول فى الطماطم: عدد العناقيد الزهرية، وعدد الأزهار بكل عنقود، ونسبة العقد (أو عدد الثمار بكل عنقود)، ومتوسط وزن الثمرة. وكما هو متوقع.. فإن درجة توريث المحصول تكون منخفضة جداً إذا لم تؤخذ - فى الحسبان - مكونات هذا المحصول، أو الصفات الفسيولوجية التى تؤثر فيه كل على انفراد. فمثلاً.. قدرت درجة توريث المحصول على النطاق العريض فى إحدى الدراسات بنحو ١٠٪ فقط. وفى المقابل.. ارتفعت درجة التوريث المقدّرة لعدد الثمار بالنبات إلى نحو ٦٣٪ (Cuartero & Cubero ١٩٨٢ و Yassin ١٩٨٨). وكذلك حُصل على تقديرات عالية بلغت ٦٧٪ لدرجة التوريث على النطاق العريض لصفة عدد الأوراق بين العناقيد، وهى - كسابقتها - صفات ترتبط بصفة المحصول الذى يزيد بزيادة عدد الثمار بالنبات، وبنقص عدد الأوراق بين كل عنقودين زهريين.

وتفيد دراسة الأساس الفسيولوجي للمحصول فى إمكانية الربط بين المحصول المرتفع ومختلف العمليات الفسيولوجية، التى تسهم بدور فعال فى إنتاج هذا المحصول فى السلالات المختلفة؛ وبذا تتضح الرؤية أمام المربى، الذى يسعى - بناء على هذه المعلومات - إلى جمع تلك الصفات الفسيولوجية فى تركيب وراثى واحد يكون أعلى محصولاً من أى من السلالات المستخدمة فى إنتاجه منفردة. ويتبين - فيما يلى - الاتجاه السائد فيما يتعلق بهذه النوعية من الدراسات :

- وجدت اختلافات كبيرة بين أصناف الطماطم فى كفاءتها فى عملية البناء الضوئى. كما تبين وجود علاقة فى بعض سلالات الطماطم بين كفاءة عملية البناء الضوئى وبعض صفات الورقة المورفولوجية والتشريحية والفسيولوجية. وكانت أكثر الصفات دلالة على مدى كفاءة عملية البناء الضوئى هى محتوى الأوراق من الكلوروفيل؛ حيث بلغ معامل الارتباط (r) بين الصنفين ٠,٦٩.

- أظهرت الدراسات الوراثية أن صفتى كفاءة البناء الضوئى والمحتوى الورقى المرتفع من الكلوروفيل يتحكم فيهما - معاً - جين واحد؛ وهو ما يعنى أن انتخاب النباتات ذات الأوراق الخضراء القاتمة يعنى - تلقائياً - انتخاب التراكيب الوراثية ذات الكفاءة التمثيلية

العالية. وقد تبين ـ كذلك ـ ان تلك الكفاءة العالية كانت مرتبطة بزيادة كبيرة فى كمية ونشاط إنزيم ribulose, 1-5- biphosphate carboxylase.

- تبين أن كفاءة انتقال الغذاء المجهز ـ من الأوراق إلى الثمار ـ كانت منخفضة نسبياً فى أصناف الطماطم غير المحدودة النمو، التى انتقل فيها أقل من ٢٠٪ من الكربون المشع (^{14}ك) خلال فترة ٢٤ ساعة، كما اتضح أن أصناف الحصاد الآلى القديمة كانت ـ هى الأخرى ـ قليلة الكفاءة فى نقل الغذاء المجهز إلى الثمار. وأمكن التغلب على هذه المشكلة بتحسين دليل الحصاد، وبزيادة كفاءة الثمار فى استقبال الغذاء المجهز. ويظهر ذلك بوضوح فى أصناف الحصاد الآلى الحديثة العالية المحصول، التى تعقد ثمارها وتنضج فى وقت واحد.

- اتضح أن ثمار الطماطم لديها قدرة محدودة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها، بالرغم من أن أديم الثمرة غير منفذ للغازات؛ فقد وجد أن نسبة المادة الجافة التى تُصنّع بالثمار ذاتها تصل إلى ١٠ ـ ١٥٪ من تلك التى توجد بها، كما لوحظ أن ثمار الأصناف ذات المحتوى الكلوروفيللى المرتفع قبل النضج كانت ـ أحياناً ـ ذات محتوى عالٍ من المواد الصلبة الذائبة الكلية وحامض الأسكوربيك بعد النضج. إلا أنه نظراً لأن معظم الطفرات المعروفة ـ التى تؤثر فى لون الثمار غير الناضجة ـ تؤثر كذلك فى مستوى الكلوروفيل فى النموات الخضرية؛ لذا يصعب تحديد الدور الذى تلعبه الثمار فى تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون بها.

- ربما كان من الممكن زيادة المحصول بالانتخاب لصفة المعدل المنخفض للتنفس فى الثمار، خاصة بعد اكتشاف اختلافات وراثية فى مستوى نشاط إنزيم ribulose, 1-5 biphos-phate carboxylase ـ المؤثر فى معدل التنفس ـ فى الثمار (عن Stevens & Rudich ١٩٧٨).

- أظهرت دراسة ـ أجريت على ١٥ صنفاً من الطماطم، و١٠٤ من هجين الجيل الأول بينها ـ وجود اختلافات جوهرية جدا فى القدرة العامة على التآلف بين الآباء فى جميع

الصفات التى درست (وهى الكفاءة التمثيلية، ونسبة المساحة الورقية، والمساحة الورقية الخاصة)، واختلافات جوهرية فى القدرة الخاصة على التآلف لبعض الصفات. كما ظهرت ارتباطات سالبة قوية بين القيم المُقَدرة للقدرة العامة على التآلف لكل من الكفاءة التمثيلية مع المساحة النسبية للأوراق والكفاءة التمثيلية مع المساحة الورقية الخاصة Specific Leaf Area. وتبين كذلك وجود ارتباط موجب قوى بين القيم المُقَدرة للقدرة العامة على التآلف لنسبة المساحة الورقية مع المساحة الورقية الخاصة (Smeets & Garretsen ١٩٨٦).

- أظهرت دراسة أخرى على نفس الأصناف والهجن السابقة وجود اختلافات جوهرية فى كل من القدرة العامة على التآلف والقدرة الخاصة على التآلف بالنسبة لصفات: صافى البناء الضوئى net photosynthesis، والتنفس الظلامى dark respiration، والوزن الورقى الطازج الخاص specific leaf fresh weight، ومقاومة الثغور stomatal resisance (Van De Dijk ١٩٨٧)؛ وجميعها صفات تسهم بدرجات متفاو تة فى تحديد المحصول الكلى للنبات.

وقد تمكن مربى النبات من توجيه نمو نبات الطماطم بما يناسب حصاده آليا، و تحقق ذلك بإنتاج نباتات ذات نمو مندمج تعطى جُل إزهارها وإثمارها خلال فترة زمنية قصيرة؛ الأمر الذى يمكن معه حصادها آليا مرة واحدة. ولكن كانت هناك دائماً مشكلة التربية لزيادة المحصول، مع زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى تلك الأصناف التى تنضج جميع ثمارها فى وقت متقارب، لأن قدرة النبات على تمثيل الغذاء تكون محدودة بتلك الفترة، بعكس الحال فى الأصناف غير المحدودة النمو التى تبقى مثمرة لفترات طويلة.

البطاطس

أوضحت الدراسات الوراثية - التى استخدمت فيها البذور الحقيقية - أن صفة المحصول فى البطاطس تتأثر - فقط - بالتباين غير الإضافى للجينات. وبالرغم من ذلك.. كانت درجات التوريث المقدرة لبعض صفات مكونات المحصول - مثل عدد الدرنات بالنبات وحجم الدرنات - عالية نسبياً. وقد خلص الباحثون إلى إمكان تحسين محصول البطاطس بالانتخاب للصفات الأخرى ذات درجات التوريث المرتفعة؛ مثل حجم الدرنة (Thompson وآخرون ١٩٨٣).

ويراعى ـ فى هذا الشأن ـ انتخاب النباتات التى تضع العدد المناسب من الدرنات بالحجم المناسب. فقد يضع النبات عدداً كبيراً من الدرنات، إلا أنها تكون صغيرة الحجم لا تصلح للاستهلاك، أو قد يضع عدداً قليلاً من الدرنات، إلا أنها تكون أكبر حجماً من اللازم؛ لذا.. يلزم دائماً ـ عند إجراء التلقيحات ـ ألا تكون بين أصناف أو سلالات تضع أعداداً كبيرة من الدرنات الصغيرة، وإلا اضطر المربى إلى استبعاد نسبة كبيرة من النسل؛ لأن درناته تكون أصغر مما ينبغى؛ بسبب الزيادة الكبيرة فى أعداها.

وكما سبق أن أوضحنا بالنسبة للطماطم.. فإن طبيعة النمو النباتى قد يكون لها تأثير غير مباشر فى المحصول.

وتعد صفة النمو الطبيعى سائدة على صفة النمو المفترش؛ ويتحكم فيها ٣ أزواج ـ على الأقل ـ من العوامل الوراثية (عن Howard ١٩٦٩).

كذلك يتوقف محصول البطاطس ـ إلى حد كبير ـ على المدة التى تلزم لحين نضج الدرنات. والقاعدة العامة هى أنه كلما تأخر الحصاد ازداد المحصول؛ لذا.. فمن الضرورى أن يحدد المربى ـ سلفاً ـ درجة التبكير أو التأخير فى النضج التى يريدها فى الصنف الجديد.. علماً بأنه لا يشترط أن تكون الأصناف المبكرة مبكرة النضج، بل إن المعيار هو إنتاج محصول اقتصادى مربح فى بداية الموسم. ومع ذلك.. فهناك من الأصناف المبكرة ما تنضج درناتها مبكراً. هذا.. إلا أن جميع الأصناف المتأخرة تكون متأخرة النضج، ولا يمكنها إنتاج محصول اقتصادى مربح مبكراً فى بداية الموسم.

تدل الدراسات الوراثية على أن موعد النضج يعتمد على عدد من الجينات، وأن الأصناف خليطة فى معظم هذه الجينات؛ لذا.. فإن نسبة الانعزالات المبكرة لا تزيد على ٦٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف أو السلالات المبكرة وبعضها البعض، وتكون فى حدود ٢٠٪ فى التلقيحات بين الأصناف المبكرة والمتأخرة.

وأيا كانت الصفات التى ترتبط بالمحصول بصورة غير مباشرة.. فإن القدرة على تثبيت

غاز ثانى أكسيد الكربون فى النبات تعد أكثر الصفات التى لها ارتباط مباشر بالمحصول. وفى هذا المجال.. وجد Dwelle وآخرون (عن Dwelle ١٩٨٥) اختلافات كبيرة بين أصناف البطاطس فى معدل البناء الضوئى، وأمكنهم تعرُّف عديد من الأصناف المتفوقة فى تلك الصفة. وبدراسة هذه الأصناف.. تبين أن بعضها كان ذا قدرة عالية على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال السطح العلوى للأوراق (مثل الصنف Lemhi Russet)، بينما تفوق بعضها الآخر فى تثبيت الغاز من خلال السطح السفلى للأوراق (مثل السلالة الخضرية A 6948-4). وبتلقيحهما معا.. أمكن التعرف ـ فى النسل ـ على كل الانعزالات الوراثية الممكنة بالنسبة للقدرة العالية أو المنخفضة على تثبيت غاز ثانى أكسيد الكربون من خلال أحد سطحى الورقة أو كليهما، وكان من بينها سلالات قليلة ذات قدرة عالية على تثبيت الغاز من كلا سطحى الورقة، إلا أنها لم تكن جميعها عالية المحصول؛ نظراً لأن بعضها وجهت الزيادة الكبيرة فى الغذاء المجهز نحو إنتاج نمو خضرى غزير، بينما كان محصول درناتها متوسطاً.

الفلفل

يعد عدد الأزهار ـ عند كل عقدة ـ من الصفات المميزة لأنواع الجنس Capsicum؛ حيث يكون العدد زهرة واحدة عند كل عقدة فى النوع C. annuum، و٢ ـ ٣ أزهار فى النوع C. frutescens ، و٣ ـ ٥ أزهار فى النوع C. chinense.

ويساعد نقل صفة الأزهار الكثيرة عند كل عقدة ـ من الأنواع البرية إلى الأصناف التجارية ـ على تركيز عقد الثمار، وتجانس النضج، وخفض تكاليف الحصاد، مع احتمال زيادة المحصول.

وقد قام Subramanya (١٩٨٣) بتلقيح السلالة P.I. 159236 من C. chinense مع الصنف Delray Bell من النوع C. annuum فى محاولة لنقل صفة تعدد الأزهار عند كل عقدة من النوع الأول إلى الثانى، وكان الجيل الأول بينهما وسطاً فى الصفة؛ حيث ظهرت به زهرتان عند كل عقدة. وتبين من الانعزالات فى الجيلين الثانى والثالث والتلقيحات الرجعية

أن جينات قليلة رئيسية (ربما ثلاثة جينات) تتحكم فى صفة وجود زهرتين عند كل عقدة، بينما لزمت جينات أخرى إضافية لظهور صفة وجود أكثر من زهرتين عند كل عقدة.

وتأكيداً لذلك.. وجد Tanksley & Iglesias - Olivas (١٩٨٤) أن صفة تعدد الأزهار فى العقدة الواحدة فى النوع C. chinense (التى يبلغ متوسطها ٢ ـ ٤ أزهار/ عقدة، وإن كانت تصل فى بعض الأصناف إلى ١٠ أزهار/عقدة) ـ مقارنة بطبيعة حمل الأزهار المفردة فى النوع C. annuum ـ يتحكم فيها ٥ أزواج من العوامل الوراثية على الأقل. كما يذكر Greenleaf (١٩٨٦) أن عدد الجينات الذى يتحكم فى هذه الصفة ربما كان ٧ أزواج. وبالمقارنة.. كان Barrios & Moskar (١٩٧٢) قد توصلا إلى أن صفة حمل الأزهار فى عناقيد يتحكم فيها عامل وراثى واحد.

يعد حجم ثمرة الفلفل صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية. وقدر عددها ـ فى إحدى الدراسات ـ بنحو ٢٠ ـ ٢٣ عاملاً وراثياً. وتكون ثمار الجيل الأول وسطاً فى الحجم بين ثمار نباتات الآباء. ويستدل من إحدى الدراسات على أنه يمكن التنبؤ بحجم ثمار الجيل الأول من الجذر التربيعى لحاصل ضرب متوسط حجم ثمار كل من أبوى الهجين. كما أوضحت دراسة أخرى أن صفة الثمار الكبيرة سائدة على الثمار الصغيرة (عن Khalil ١٩٧٤).

وقد تبين من دراسات Maksoud وآخرين (١٩٧٧) أن صفة وزن أو حجم ثمرة الفلفل يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، مع وجود سيادة جزئية لصفة الثمار الصغيرة، بالإضافة إلى وجود عديد من الجينات المحورة التى تلزم لظهور صفة الثمار الصغيرة، وقدرت درجة توريث الصفة على النطاق العريض بنحو ٨٩٪.

هذا.. ويوجد ارتباط موجب بين ثمرة الفلفل ومساحة الورقة، لدرجة أن بعض الباحثين اعتقد بإمكان الانتخاب لصفة الثمار الكبيرة بانتخاب البادرات ذات الأوراق الكبيرة. وبرغم ذلك.. فإن الصفتين يتحكم فيهما عوامل وراثية مختلفة.

الخيار

من أهم الصفات التى اهتم بها مربى النبات ـ لتحسين محصول الخيار ـ ما يلى :

١ ـ حالة الجنس والنسبة الجنسية :

إن حالة الجنس (كون النبات يحمل ـ مثلاً ـ أزهاراً مؤنثة فقط، أم كاملة فقط، أم أزهاراً مؤنثة وأخرى كاملة، أم أزهاراً مذكرة مع أزهار كاملة)، وكذلك النسبة الجنسية (نسبة الأزهار المؤنثة أو الكاملة إلى الأزهار المذكرة) تؤثران فى محصول الخيار؛ ذلك لأن ثمار الخيار (المحصول الاقتصادى) تتكون بنمو مبايض الأزهار المؤنثة أو الخنثى، سواء أعقدت فيها بذور (أى كانت بذرية)، أم لم تعقد (أى كانت بكرية). كما أن ثمار الخيار تحصد ـ للاستهلاك ـ قبل اكتمال نضجها النباتى بوقت طويل؛ وبذا .. يمكن للنبات الواحد أن ينتج عديداً من الثمار الصالحة للاستهلاك، بعكس الحال فى البطيخ والقاوون اللذين تحصد ثمارهما بعد وصولها إلى مرحلة النضج النباتى. ولأجل هذا .. كان اهتمام مربى النبات بحالة الجنس، وبالنسبة الجنسية ـ فى الخيار ـ كثيراً.

تتوفر فى الخيار جميع حالات الجنس، وهى إنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة على نفس النبات (وحيدة الجنس وحيدة المسكن monoecious)، وإنتاج أزهار مؤنثة فقط (أنثوية gynoecious)، وإنتاج أزهار مؤنثة وأزهار كاملة (gynomonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار كاملة (andromonoecious)، وإنتاج أزهار كاملة فقط (hermaphroditic)، وإنتاج أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة وأزهار كاملة (trimonoecious)، وإنتاج أزهار مذكرة فقط (androecious).

يتحكم فى صفة إنتاج الأزهار المؤنثة (حالة الـ gynoecious) جين واحد سائد يأخذ الرمز F، ولكن فعل هذا الجين يتأثر ـ بشدة ـ بالجينات المحورة وبالعوامل البيئية. ولا يشترط أن تكون النباتات الحاملة لهذا الجين كاملة الأنوثة؛ فقد تكون وحيدة الجنس وحيدة المسكن أو خنثى كذلك. ويتوقف ذلك على الجينات الأخرى التى تتفاعل مع الجينF، والخلفية

الوراثية للسلالة، والظروف البيئية. ولكن السلالات الحاملة لهذا الجين السائد تكون فيها نسبة الأزهار المؤنثة أعلى منها فى السلالات ذات الأصول الوراثية المشابهة isogenic lines التى تحمل الآليل المتنحى f. ومن الجينات المؤثرة فى صفة الأنوثة الجين In-F الذى يزيد intensifies حالة الأنوثة (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

وقد وجد Kubicki أن صفة الذكورة (أى إنتاج أزهار مذكرة فقط androecious) يتحكم فيها عامل وراثى متنح أعطى الرمز a ، بينما تكون النباتات الحاملة للجين السائد A وحيدة الجنس وحيدة المسكن.

ويذكر أن حالة الجنس فى الخيار يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية؛ هما: M وF. وبينما يحدد الجين M وآليلة m كون الزهرة مؤنثة (-M) أم كاملة (mm).. فإن الجينF وآليله f يحددان عدد العقد فيما إذا كان النبات خالياً تماماً من أية أزهار مذكرة (-F)، أم تظهر به بعض الأزهار المذكرة على العقد الأولى من الساق الرئيسية (ff). ينعزل الجينان مستقلين عن بعضيهما، وتكون التراكيب الوراثية الممكنة والأشكال المظهرية المقابلة لها كما يلى:

التركيب الوراثى	الشكل المظهرى
M - F -	أنثوى gynoecious
M - ff	وحيد الجنس وحيد المسكن monoecious
mm F -	خنثوى hermaphroditic
mm ff	مذكر androecious

ويتأثر ذلك كله بكل من الجينات المحورة والعوامل البيئية (عن Iezzoni & Peterson ١٩٨٠). وقد اقترح Iezzoni وآخرون (١٩٨٢) وجود جين آخر (M-2) ـ إلى جانب الجين M ـ يـؤثر فى صـفة الجنس بطريـقة مكملـة Complementary ، كمـا وجـدوا أن كـلا الجينـين M ، و M-2 يرتبط بشدة بالجين المسئول عن المقاومة لمرض الذبول البكتيرى.

وقد درس Miller & Quisenberry (١٩٧٦) وراثة عدد الأيام من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة، وتوصلا إلى النتائج التالية :

أ ـ كان معظم التباين الوراثى إضافياً، ولكن ظهرت سيادة جزئية لكل من صفة الإزهار المبكر وصفة تكوين أول زهرة عند عقدة أقرب لقاعدة الساق.

ب ـ يتحكم فى عدد الأيام ـ من الزراعة إلى حين ظهور أول زهرة مؤنثة ـ عدد قليل من الجينات. وكانت درجة توريث هذه الصفة عالية نسبياً؛ حيث تراوحت من ٠,٤٦ ـ ٠,٦٢.

جـ ـ برغم اختلاف الأصناف فى سرعة إنبات البذور.. إلا أن هذه الصفة لم تكن ذات أهمية بالنسبة للمحصول المبكر، مقارنة بصفة عدد الأيام إلى حين ظهور أول زهرة بالنبات.

د ـ كان للحرارة المنخفضة تأثير سلبى؛ إذ إنها أبطأت النمو النباتى، وأخرت ظهور أول زهرة إلى عقدة أبعد عن قاعدة الساق.

هـ ـ كان الارتباط بين موعد الإزهار ومتوسط تاريخ الحصاد جوهرياً وعالياً، وبلغت قيمته ٠,٨٢.

هذا.. وتمر نباتات الخيار الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن بمراحل للنمو، تنتج فيها النباتات ـ على التوالى ـ أزهاراً مذكرة فقط، ثم أزهاراً مختلطة، ثم أزهاراً مؤنثة فقط.

وقد وجد George (١٩٧١) جيناً سائداً يسرع التحول من حالة إنتاج الأزهار المذكرة إلى إنتاج الأزهار المؤنثة، أعطى الرمز Acr؛ نسبة إلى الصفة accelerator.

وبالمقارنة.. وجد جين آخر متنح يؤخر الإزهار فى ظروف النهار القصير، وقد أعطى الرمز df؛ نسبة إلى الصفة delayed flowering. وتبين أن حالة من سكون البذور ترتبط بهذا الجين فى الأجيال الانعزالية.

٢ ـ طبيعة النمو :

يتحكم فى صفة النمو المحدود جين واحد متنح، يأخذ الرمز de؛ نسبة إلى الصفة determinate، وإن كان البعض يعتقد أن هذا الجين ذو سيادة غير تامة. ويتأثر فعل الجين بجين آخر محور هو In-de.

يوجد جين آخر متنح يجعل النبات خالياً من القمة لدى تعرضه لصدمة حرارية temperature shock، ويأخذ هذا الجين الرمز bl نسبة إلى الوصف الذى يتميز به هذا النبات وهو "blind". ويمنع تكوين المحاليق tendrils جين واحد متنح يأخذ الرمز td، له تأثيرات أخرى فى تركيب الثمرة والورقة.

وبالنسبة لطول النبات فإن الجين السائد T يتحكم فى صفة النبات الطويل tall، ويتحكم الجين المتنحى cp فى صفة النمو المندمج compact، والجين المتنحى dw فى صفة النمو المتقزم dwarf. ويؤدى كل من الجينين الأخيرين إلى تقصير سلاميات النبات.

وجدير بالذكر أن النباتات المندمجة cp cp تكون شديدة التقزم، ولا يزيد حجم بذورها على ثلث حجم بذور النباتات التى تحمل الأليل السائد Cp.

كما أن الجين de الخاص بالنمو المحدود يؤثر فى طول السلاميات، ولكنه لا يؤثر فى عددها (Kauffman & Lower ١٩٧٦). أما الجين in-de.. فيؤدى وجوده بحالة متنحية أصيلة مع الجين de إلى جعل النباتات متقزمة كثيرة الأوراق (George ١٩٧٠). ولجميع هذه الجينات أهمية خاصة عند التربية للصلاحية للحصاد الآلى، ولها تأثيرات كبيرة فى محصول النبات من الثمار، ومسافات الزراعة التى تناسب إنتاج أعلى محصول من وحدة المساحة من الأرض فى كل حالة من حالات طبيعة النمو.

وقد وجدت صفات اقتصادية كثيرة هامة فى الصنف النباتى C. sativus var. hardwickii يمكن إدخالها فى الخيار المزروع؛ مثل: حمله عدة ثمار عند كل عقدة، وخلوه من ظاهرة السيادة القمية؛ حيث يعطى فروعا جانبية أكثر وأطول مما فى الخيار. ولكن يعيب هذا

الصنف النباتى أن ثماره صغيرة الحجم (يتراوح طولها من ٤ ـ ٨سم)، بيضاوية الشكل، أى يوجد بها فجوات بذرية كبيرة، وعلى سطحها أشواك سوداء قوية، وجلدها صلب قوى، وطعمها مر. هذا.. فضلاً على أن بعض سلالاته التى درست من قبل (مثلP.I. 183967 ، و P.I. 215589) وجدت قصيرة النهار اختيارياً facultative short - day ، كما كانت سلالات أخرى ـ مثل LJ 90430 قصيرة النهار إجبارياً؛ حيث لم تزهر إلا عندما قصرت الفترة الضوئية عن ١٢ ساعة مع حرارة ٣٠ْم نهاراً، و٢٠ْم ليلاً؛ الأمر الذى يشكل تحدياً للاستفادة من هذا الصنف النباتى فى تحسين الخيار المزروع.

وباستخدام طريقة الانتخاب المتكرر، والسلالة P.I. 90430 من C. sativus var hardwickii كمصدر لصفة تعدد الثمار.. أمكن إحراز تقدم ملحوظ ـ خلال ثلاث دورات من الانتخاب ـ فى متوسط عدد ثمار التخليل/ نبات عند إجراء الحصاد مرة واحدة آلياً.

كما حاول Delaney & Lower (١٩٨٧) الجمع بين صفة تعدد الفروع والثمار من هذا الصنف النباتى مع صفة النمو المحدود determinate من سلالتى الخيار Spacemaster، وNCSU M27.

وفى دراسة أخرى.. وجد Kupper & Staub (١٩٨٨) أن سبع سلالات من النوع النباتى C. sativus var. hardwickii كانت ذات قدرة عامة على التآلف مع ثلاث سلالات من الخيار فى جميع الصفات التى درساها؛ وهى: عدد الثمار، وعدد الفروع الجانبية، وطول الثمرة، ونسبة طول الثمرة إلى قطرها، وعدد العقد التى تحمل أزهاراً مؤنثة، وعدد الأيام إلى تفتح الأزهار anthesis؛ الأمر الذى يدل على إمكان الاستفادة منه فى تحسين الصفات البستانية فى الخيار.

وبوجه عام.. فإن المربى يأمل فى زيادة محصول النبات الواحد، وتركيز إثماره؛ ليمكن حصادة آليا من خلال ثلاث صفات؛ هى:

أ ـ صفة التقزم Dwarfism.. حيث يمكن زراعة السلالات المتقزمة على مسافات ضيقة، وبذا.. يزيد عدد الثمار التى يمكن حصادها آلياً مرة واحدة.

ب ـ صفة الأنوثة.. حيث يبدأ إنتاج الأزهار المؤنثة مبكراً وبصورة أكثر تركيزاً. وقد

وجد Prend & John (١٩٧٦) أن محصول الهجن المتقزمة الأنثوية gynoecious dwarf كان أكثر من مِثْلى محصول الهجن الأنثوية العادية. كما كان متوسط عدد الثمار بالنبات أكبر مما فى الهجن الأنثوية العادية عندما أجرى الحصاد مرة واحدة آلياً.

جـ ـ صفة كثرة التفريع وكثرة عدد الثمار/ نبات التى تتوفر فى الصنف النباتى C. melo var. hardwickii، وقد سبقت الإشارة إليها.

القاوون

ويرغم أن قدرة نبات القاوون على إنتاج الثمار (وهى التى تحصد للاستهلاك عند بلوغها مرحلة النضج النباتى) محدودة.. إلاَّ أن حالة الجنس والنسبة الجنسية ـ وهما الصفتان المتحكمتان فى عدد الثمار التى يمكن أن ينتجها النبات ـ نالتا اهتماماً كبيراً من مربى النبات.

لقد وجد أن جيناً واحداً متنحيًا (a) يحول النبات من الحالة الـ monoecious (أى الوحيد الجنس الوحيد المسكن) إلى الحالة الـ andromonoecious (أى التى يحمل فيها النبات أزهاراً كاملة وأزهاراً مذكرة) (عن Robinson وآخرين ١٩٧٦).

ويذكر Whitaker & Davis (١٩٦٢) أن الجينين: A و G يتحكمان فى وراثة الجنس فى القاوون على النحو التالى: يجعل الجين A معظم الأزهار الكاملة مؤنثة، ويجعل الجين G معظم الأزهار الكاملة مذكرة، وبذا.. يكون نسل النبات الخليط Aa Gg على النحو التالى :

التركيب الوراثى	النسبة	الشكل المظهرى
A-G-	٩	توجد أزهار مذكرة وأزهار مؤنثة monoecious
aa G-	٣	توجد أزهار مذكرة وأزهار كاملة andromonoecious
A-gg	٣	توجد أزهار مؤنثة وأزهار كاملة gynomonoecious
aa gg	١	توجد أزهار كاملة فقط perfect

هذا.. إلا أن النباتات ذات التركيب الوراثى A-gg لا تكون دائماً gynomonoecious؛ حيث تتأثر بالعوامل البيئية، فتظهر بعضها أنثوية gynoecious، وقد يصبح بعضها الآخر trimonoecious؛ أى يظهر بها خليط من الأزهار المذكرة، والمؤنثة، والخنثى. ولكن نتائج الدراسات تختلف بشأن حالة الـ trimonoecious؛ حيث ذكر البعض أن جينين آخرين يتفاعلان مع الجينين a و g لإظهار هذه الحالة.

جدير بالذكر أن النباتات الـ andromonoecious تحمل أزهاراً مذكرة فقط على الساق الرئيسية للنبات، وخليطاً من الأزهار المذكرة والأزهار الخنثى على أفرع النبات. وقد اكتشفت طفرة متنحية تمنع تكوين أية فروع من الساق الرئيسية للنبات، وأعطيت الرمز ab نسبة إلى الصفة abrachiate. وبظهور هذه الطفرة على نبات andromoneocious.. فإنها تحوله - تلقائياً - إلى نبات مذكر androecious - لأن الساق الرئيسية للنبات لا تحمل سوى أزهار مذكرة فقط.

وقد وجد ارتباط بين شكل الثمرة وحالة الجنس؛ حيث تنتج الأزهار المؤنثة - غالباً - ثماراً كروية، بينما تنتج الأزهار الكاملة ثماراً مطاولة أو بيضاوية.

وقد أدى ذلك إلى الاعتقاد بأن الجين a (الخاص بحالة الـ andromonoecious) ذو تأثير متعدد. وقد وجدت حالات شاذة لهذه القاعدة، يعتقد أنها ترجع إلى وجود جينات محورة.

الكوسة

من بين أهم الصفات المؤثرة فى محصول الكوسة كل من طبيعة النمو، وحالة الجنس.

١ - طبيعة النمو

يتحكم فى طبيعة النمو - من حيث كونه قائماً، أم مفترشاً - جين واحد (يأخذ الرمز Bu) فى كل من C. pepo و C. maxima ، وربما كان هذا الجين فى نفس الموقع الكروموسومى فى النوعين، إلا أن حالة السيادة تختلف بينهما حسب مرحلة النمو النباتى:

ففى C. pepo.. تسود صفة النمو القائم كلياً تقريباً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، إلا أن السيادة تصبح جزئية فقط فى مراحل النمو التالية.

أما فى C. maxima.. فإن النمو القائم يكون سائداً كلياً فى المراحل الأولى للنمو النباتى، ثم يصبح متنحياً تماماً فى المراحل التالية للنمو (Whitakter ١٩٧٤). وفضلاً عما تقدم.. فإن فعل هذا الجين يتأثر بجينات أخرى محورة. وقد اكتشف جين آخر متنح فى C. pepo، يجعل النبات شديد التقزم Extreme Dwarf.

٢ ـ حالة الجنس

إن معظم أصناف القرع وحيدة الجنس وحيدة المسكن، ولكنها تختلف ـ كثيراً ـ فى نسبة الأزهار المذكرة إلى الأزهار المؤنثة. ويشذ عن ذلك طفرة بسيطة تحمل أزهاراً مذكرة فقط androecious وجدت فى C. pepo، ويتحكم فيها جين متنح يأخذ الرمز a، كما وجدت طفرة أنثوية gynoecious فى النوع C. foetidissima ، إلا أن استحالة تهجينه مع C. maxima ، و C. Moschata ، و C. pepo حالت دون الاستفادة من تلك الصفة فى هذه الأنواع.

الفاصوليا

برغم وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الفاصوليا فى معدل عملية البناء الضوئى، وبرغم اعتماد المحصول على معدلات البناء الضوئى.. فلم يمكن أبداً ـ فى الفاصوليا ـ ملاحظة أى ارتباط وراثى عالٍ بين الصفتين؛ وبذا.. لم يمكن الاستفادة من الاختلافات المشاهدة بين السلالات فى معدل البناء الضوئى فى الانتخاب لتحسين المحصول. إلا أن كميه المحصول تتوقف على ثلاثة عوامل؛ هى:

١ ـ تأقلم التركيب الوراثى مع الظروف البيئية.

٢ ـ قدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية مخزنة فى صورة غذاء من خلال عملية البناء الضوئى.

٣ - قدرة التركيب الوراثى على توزيع نواتج التمثيل الغذائى على مختلف الأعضاء النباتية؛ بنسب يتحقق معها أكبر محصول اقتصادى، مع القدرة على نقل هذا الغذاء إليها أولاً بأول.

ويعتبر المحصول البيولوجى Biological Yield، والنمو البيولوجى الكلى Biomass Growth دليلاً على قدرة التركيب الوراثى على تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كيميائية فى صورة غذاء مجهز، بينما يعبرٌ دليل الحصاد عن توزيع الغذاء المجهز على الأعضاء الاقتصادية؛ مقارنة ببقية الأنسجة النباتية. ويعبر معدل نمو البذور (أو الجزء الاقتصادى من النبات) عن كفاءة التركيب الوراثى فى نقل الغذاء المجهز. كما يمكن إيجاد مقياس آخر هو معدل النمو الاقتصادى؛ ليكون دليلاً على العلاقة بين المحصول وفترة النمو النباتى.

وبرغم أن درجات التوريث - التى قدرها مختلف الباحثين لمحصول الفاصوليا - منخفضة للغاية، إلا أن درجات التوريث التى قدرت لبعض الصفات المرتبطة بالمحصول (مثل دليل الحصاد، ومعدل النمو البيولوجى الكلى، ومعدل نمو البذور) كانت مرتفعة بدرجة ملموسة. ولمزيد من التفاصيل عن هذا الموضوع.. يراجع Scully وآخرون (١٩٩١).

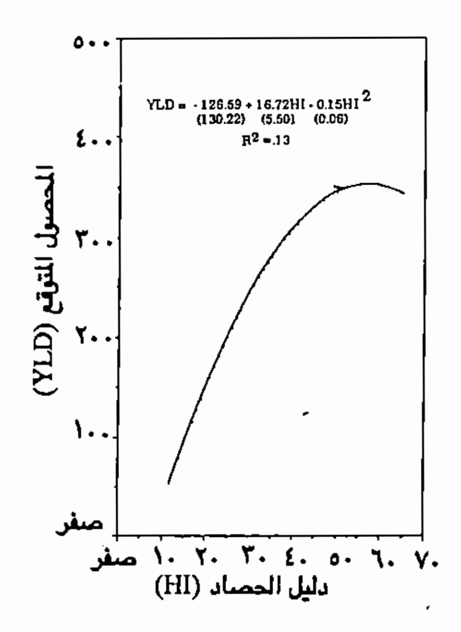
لقد وجدت اختلافات كبيرة فى القدرة على البناء الضوئى بين صنفى الفاصوليا رد كدنى Red Kidney، وميشيليت ٦٢ Michellite 62، وتبين أن معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون فى الضوء ومعدل التنفس فى الظلام كان أعلى فى الصنف ميشيليت ٦٢ منه فى الصنف رد كدنى. بينما كانت نباتات كلا الصنفين ونباتات الجيل الأول بينهما على درجة عالية من التجانس فى كلا الصفتين.. فإن نباتات الجيل الثانى أظهرت اختلافات جوهرية، كذلك ظهرت اختلافات جوهرية فى هاتين الصفتين بين سلالات الجيل الثالث، وبين النباتات فى بعض سلالات هذا الجيل. وقد كانت درجة توريث كلتا الصفتين (معدل تبادل غاز ثانى أكسيد الكربون فى الضوء ومعدل التنفس فى الظلام) منخفضة (Wallace وآخرون ١٩٧١).

وقد قيم Scully & Wallace (١٩٩٠) ١١٢ سلالة من الفاصوليا فى ثمانى صفات ذات صلة بالمحصول، ووجدا مدى واسعا من الاختلافات - فيما بينها - كما يلى :

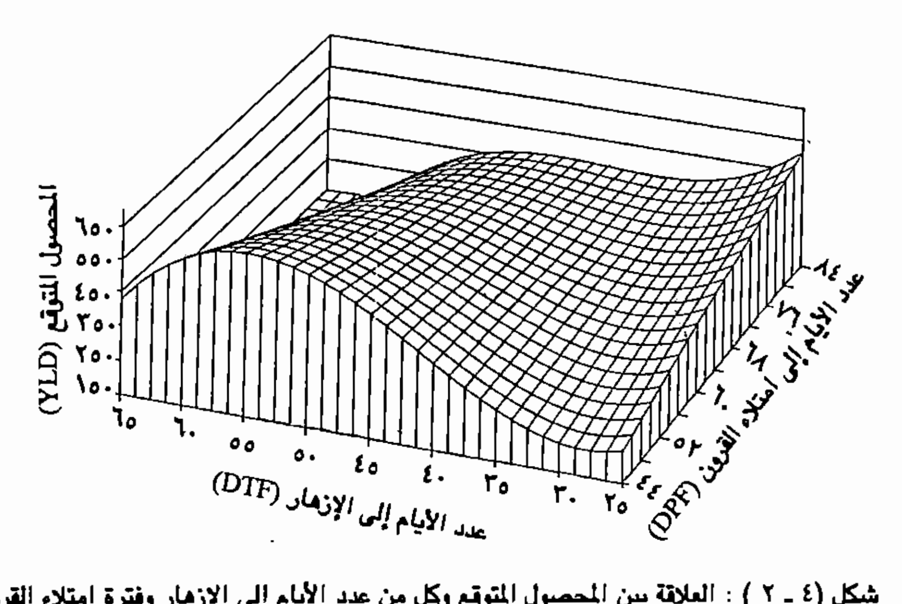
الصـــــفة	المـــــدى
الفترة من الزراعة إلى الإزهار	٢٥ ـ ٦٦ يوماً
فترة إمتلاء القرون	٤٤ ـ ٨٣ يوماً
الفترة من الزراعة إلى النضج	٧٠ ـ ١٣٣ يوماً
المحصول الاقتصادى	٨١ ـ ٥٨٧ جم/م٢
المحصول البيولوجى	٢٧٠ ـ ١٠٨٧ جم/م٢
دليل الحصاد	١٢٪ ـ ٦٥٪
معدل تكوين المحصول البيولوجى (المحصول البيولوجى/ عدد الأيام إلى النضج)	٢,٢ ـ ٩,٢ جم/م٢/يوم
معدل تكوين البذور (محصول البذور/ فترة امتلاء القرون)	١,٢ ـ ٩,٥ جم/م٢/يوم
معدل النمو الاقتصادى (محصول البذور/ الفترة من الزراعة إلى النضج)	٠,٦ ـ ٥,٧ جم/م٢/يوم

ولقد وجد ارتباط خطى موجب بين المحصول وكل من: معدلات النمو، والمحصول البيولوجى، وفترة امتلاء القرون، ولكن المحصول البيولوجى ومعدلات النمو كان لها التأثير الأكبر على التباينات فى المحصول؛ حيث كان معامل ارتباطها (r^2) مع المحصول ٠,٧١ و ٠,٨٤ على التوالى. أما فترة امتلاء القرون فلم يكن تأثيرها ذا شأن فى الاختلافات المشاهدة فى المحصول؛ حيث كان الارتباط بين الصفتين ٠,٠٩ وقد كان أعلى محصول ـ تحت ظروف ولاية نيويورك الأمريكية ـ عندما كان الإزهار بعد ٤٨,٥ يوماً، والنضج بعد ١١٢,٢ يوماً من الزراعة، وعندما كان دليل الحصاد ٥٧,٢٪. وتتضح العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع فى شكل (٤ ـ ١)، وبين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار، وفترة امتلاء القرون فى شكل (٤ ـ ٢).

ويذكر Coyne (١٩٨٠) وجود اختلافات كبيرة بين أصناف الفاصوليا فى استجابتها للفترة الضوئية؛ الأمر الذى يؤثر فى طول الفترة التى تمر بين الزراعة والإثمار؛ وهو ما



شكل (٤ ـ ١) : العلاقة بين دليل الحصاد والمحصول المتوقع فى الفاصوليا.



شكل (٤ ـ ٢) : العلاقة بين المحصول المتوقع وكل من عدد الأيام إلى الإزهار وفترة امتلاء القرو ن فى الفاصوليا (عن Scully & Wallace ١٩٩٠).

يؤثر - بالتالى - فى قوة النمو الخضرى للنبات عند الإزهار، وفى عدد العقد التى يمكن أن تتكون عندها الأزهار حال إزهار النبات. وتتأثر تلك الحساسية للفترة الضوئية بدرجة الحرارة.

ففى كولومبيا.. أمكن تأخير إزهار أصناف الفاصوليا الحساسية للفترة الضوئية - تحت ظروف الحقل - بزيادة فترة الإضاءة صناعيا؛ وصاحب ذلك زيادة المحصول بنحو ٥٠ - ٧٠٪.

كما أن بعض أصناف الفاصوليا تغير طبيعة نموها من غير المحدود الشجيرى indeterminate bush إلى المتسلق climbing بمجرد تعريضها للضوء الأحمر لمدة ١٥ دقيقة فى منتصف فترة الظلام. وأمكن إلغاء هذا التأثير للضوء الأحمر بتعريض النباتات للأشعة تحت الحمراء عقب تعريضها للضوء الأحمر مباشرة. ومن الواضح أن تلك الاستجابة للضوء الأحمر والأشعة تحت الحمراء هى من خلال صبغة الفيتوكروم Phytochrome.

وتبين أن الجين الذى يتحكم فى استجابة نباتات الفاصوليا للفترة الضوئية يختلف عن الجين المسئول عن تغير النمو النباتى من غير المحدود الشجيرى إلى المتسلق. ويمكن الاستعانة بالضوء أثناء فترة الظلام لتقييم النباتات للتعرف على مدى ثباتها فى طبيعة النمو.

البطاطا

لا يرتبط محصول البطاطا من الجذور بمعدل البناء الضوئى المقدر لعينة من أوراق النبات، وربما كان مرد ذلك إلى عدة أسباب؛ منها: اختلاف سلالات وأصناف البطاطا كثيراً فى كثافة نمواتها الخضرية، واختلاف الوضع النسبى لأوراق النبات الواحد؛ الأمر الذى يؤثر فى كفاءتها فى البناء الضوئى تحت الظروف الطبيعية، واختلاف وضع الأوراق المستخدمة فى قياس الصفة - تحت ظروف عملية تقدير معدل البناء الضوئى - عما يكون عليه تحت الظروف الطبيعية فى الحقل.. وقد تأكد ذلك من دراسات Bhagsari (١٩٩٠)،

والتى أوضحت وجود اختلافات كبيرة جدا بين أصناف وسلالات البطاطا فى معدل البناء الضوئى، إلا أن تلك الاختلافات لم تكن مرتبطة بالمحصول. ومن ناحية أخرى.. كان المحصول - فى هذه الدراسة - مرتبطاً بدرجة عالية وجوهرية بدليل الحصاد Harvest Index ($\frac{\text{محصول الجذور}}{\text{الوزن الكلى للنبات}}$ × ١٠٠)، سواء أكان التقدير على أساس الوزن الطازج (r = ٠,٩١)، أم على أساس الوزن الجاف (r = ٠,٩٥) للجذور.

أما دليل المساحة الورقية Leaf Area Index .. فقد كان أعلى من ٥,٠ - فى معظم السلالات - حتى وقت الحصاد، ولكن ذلك كان على حساب نمو الجذور الخازنة. وبرغم وجود اختلافات بين السلالات فى دليل المساحة الورقية.. فإن تلك الصفة لم ترتبط - بانتظام - بالمحصول.

وقد درس Bhagsari & Ashley (١٩٩٠) الأساس الفسيولوجى للاختلافات فى المحصول بين ١٥ صنفا وسلالة (تركيب وراثى) من البطاطا، ووجدا ما يلى:

١ - اختلفت التراكيب الوراثية - فيما بينها - جوهريا فى دليل مساحة الورقة Leaf Area Index خلال المرحلتين المبكرة والمتأخرة للنمو، ولكن ارتباط تلك الصفة بالمحصول لم يكن ثابتاً.

٢ - تراوح صافى البناء الضوئى للورقة الواحدة من ٠,٧٤ إلى ١,١٢ مجم ثانى أكسيد كربون لكل م٢ فى كل ثانية.

٣ - تراوح البناء الضوئى للنمو الخضرى - ككل - من ٠,٨١ إلى ١,١٦ مجم ثانى أكسيد كربون/ م٢/ثانية فى العام الأول للدراسة، ومن ٠,٦٣ - ٠,٨٨ مجم ثانى أكسيد كربون/م٢/ثانية فى العام الثانى، وكانت تلك التباينات معنوية فى السنة الأولى فقط.

٤ - تراوح معدل انتقال الغذاء المجهز من الأوراق - بعد أربع ساعات من معاملتها بالكربون ^{14}C - من ٢١٪ إلى ٤٦٪، ولكن هذه التباينات لم تكن معنوية.

٥ ـ تراوح دليل الحصاد من ٤٣٪ إلى ٧٧٪، ومن ٣١٪ إلى ٧٥٪ فى العامين الأول والثانى للدراسة، على التوالى.

٦ ـ كان صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى ـ ككل ـ فى شهر سبتمبر (قرب نهاية موسم النمو) مرتبطاً معنوياً بالوزن الجاف للجذور (معامل الارتباط r = ٠,٥٤) فى العام الأول للدراسة، وبالمحصول البيولوجى (معامل الارتباط r = ٠,٦٠) فى العام الثانى.

٧ ـ ارتبط كل من دليل الحصاد، والمحصول البيولوجى معنويا بالمحصول الاقتصادى (محصول الجذور).

وقد توصل الباحثان من دراستهما إلى أن صافى البناء الضوئى للنمو الخضرى ـ ككل ـ ربما كان أكثر خلال المراحل المتقدمة من تكوين الجذور (أعضاء التخزين)، وأن صافى البناء الضوئى للورقة الواحدة ليس دليلاً جيداً على المحصول المتوقع، خاصة عندما تختلف التراكيب الوراثية فى متوسط مساحة الورقة فى كل منها.

ويذكر McLaurin & Kays (١٩٩٣) أن النمو الخضرى للنباتات الزاحفة ـ مثل البطاطا ـ لا يتوقف بمجرد وصوله إلى النباتات المجاورة لها، وإنما يستمر النمو الجديد فى نفس المكان الذى يوجد فيه النمو القديم، وتكون أعناق أوراق النموات الجديدة أطول قليلاً لكى تصل بأنصالها إلى الضوء. ويترتب على ذلك أن تنخفض شدة الإضاءة التى تصل إلى الأوراق القديمة تدريجيا، وتنخفض معها قدرتها على البناء الضوئى، إلى أن تصبح عالة على النبات حينما يزيد ما يفقد منها بالتنفس عما تنتجه بالبناء الضوئى، ويصبح سقوط هذه الأوراق فى صالح النبات وزيادة المحصول. ويتميز بهذه الخاصية صنف البطاطا العالى المحصول Jewel الذى يفقد نحو ٦٠٪ من إجمالى الأوراق التى يكونها طوال الموسم ـ طبيعياً ـ قبل موعد الحصاد.

وبرغم أن نحو ٣٧٪ من المعادن والعناصر التى توجد فى أوراق النبات يتم انتقالها إلى أجزاء نباتية أخرى قبل سقوط الأوراق.. إلا أن فقد الأوراق لا يخلو من خسارة للنبات؛ حيث قدرت كمية المادة الجافة التى تفقد بهذه الكيفية بنحو ٢,٨ طناً للهكتار. ومع استمرار

تساقط الأوراق يزداد الطلب على الأوراق المتبقية (التى تتناقص مساحتها بالنسبة لإجمالى الوزن الجاف للنبات) لإدامة الأجزاء النباتية الأخرى؛ فيزداد ناتج البناء الضوئى الذى يفقد منها لأجل عمليات الإدامة والصيانة.

وقد وجد الباحثان من دراستهما على أربعة أصناف عالية المحصول من البطاطا أنها أسقطت خلال فترة حياتها - ولغير أسباب مرضية أو حشرية - نسبة عالية من أوراقها، وصلت حتى وقت الحصاد إلى ٤٥ - ٦٠٪ من جميع الأوراق التى كونتها. وقد وجدا ارتباطاً موجباً عالياً بين سقوط الأوراق وبين كل من عدد النموات الخضرية، والعقد الساقية/نبات، والوزن الجاف الكلى، والوزن الطازج للجذور، وكذلك وزنها الجاف، والوزن الجاف للنموات الخضرية. وقدرت كمية المادة الجافة التى فقدت من جراء سقوط الأوراق من ١,٢ - ٢,٦ طناً للهكتار.

هذا.. ويذكر Collins وآخرون (١٩٨٧) أن درجات التوريث المقدرة لمكونات المحصول على النطاق العريض تراوحت فى البطاطا من ٠,٧٥ - ٠,٩٢.

ولمزيد من التفاصيل عن التقدم فى جهود التربية لتحسين المحصول والأساس الفسيولوجى لذلك.. يراجع Wallace وآخرون (١٩٧٢)، و Frey (١٩٨١)، و Wilson (١٩٨١) بخصوص الموضوع بصورة عامة و Way وآخرون (١٩٨٣) بخصوص أشجار الفاكهة.

القسم الثانى

□ التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية



إن الغاية من التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية هى تحقيق ما يلى :

١ ـ تأمين استمرار وانتظام الإنتاج المحصولى من شتى الأنواع النباتية التى يحتاج إليها الإنسان بزراعة أصناف تتحمل التقلبات البيئية غير العادية، والانحرافات الحادة فى العوامل البيئية التى تحدث أحياناً فى مناطق إنتاج تلك المحاصيل، وهى التى تسودها ـ أصلا ـ ظروف بيئية مناسبة للأنواع النباتية التى تزرع فيها.

٢ ـ زيادة الإنتاج المحصولى من مختلف النباتات بامتداد زراعة تلك المحاصيل إلى مناطق تسودها ظروف بيئية غير مناسبة لها (سواء أكانت العوامل البيئية المحددة للإنتاج جوية، أم أرضية). ولا يتحقق ذلك إلاّ بزراعة أصناف قادرة على تحمل الظروف البيئية المتوقعة فى تلك المناطق.

٣ ـ تجنب التقلبات الموسمية فى أسعار الحاصلات الزراعية (وخاصة من محاصيل الخضر)؛ بزراعة أصناف فى غير مواسمها التقليدية تكون أكثر تحملاً للعوامل الجوية المتوقعة فى المواعيد الزراعية الجديدة.

٤ ـ الاستفادة من الأنواع النباتية التى تنمو بريا فى الطبيعة فى مناطق تسودها ظروف بيئية (جوية أو أرضية) قاسية باستئناسها لصالح الإنسان.

وبرغم أن مسببات الأمراض (مثل: الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات، والميكوبلازمات)،

والآفات (مثل: النيماتودا، والحشرات، والأكاروسات، والرخويات، والطيور، والنباتات المتطفلة) تعد من العوامل البيئية - باعتبارها عوامل بيولوجية - إلاّ أن التربية لمقاومتها احتلّت مكاناً بارزاً فى تربية النباتات، وتقدمت - كثيراً - عن غيرها من أهداف التربية الأخرى، كما أن لها مشاكلها الخاصة؛ لذا.. فقد أفردنا لها كتابا خاصاً بها بعنوان: «تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات» (حسن ١٩٩٣). ويضم هذا الكتاب فصلاً كاملاً عن الأساس الفسيولوجى لمقاومة النباتات للأمراض تحت عنوان «طبيعة المقاومة للأمراض»، إضافة إلى شرح آخر مسهب عن طبيعة المقاومة للحشرات والأكاروسات.

٥

مقدمات لتربية النباتات لتحمل الظروف البيئية القاسية

تعريف بالمصطلحات الهامة

يتطلب الفهم الصحيح لموضوعات هذا القسم الإلمام ببعض المصطلحات التى يشيع استخدامها فى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، نذكر - فيما يلى - بعضها.

التحمل أو القدرة على التحّمل Tolerance: هى قدرة النبات على البقاء والنمو بشكل مقبول فى وجود العامل البيئى القاسى أو العوامل البيئية القاسية المعنية.كما قد يتأثر النمو النباتى بالعامل البيئى، ولكن يبقى الإنتاج المحصولى (الجزء النباتى الذى يزرع من أجله المحصول) «مقبولا» واقتصاديا. وترجع تلك الخاصية إلى تمتع النبات بصفات وراثية معينه.

أما الحساسية Sensitivity .. فهى شدة تأثر النبات بالعامل البيئى القاسى أو العوامل البيئية القاسية إلى درجة أنه قد يتوقف تماما عن النمو، أو يموت، أو لا يكوّن العضو النباتى الاقتصادى الذى يزرع من أجله المحصول (مثل عدم عقد الثمار فى الجو البارد، أو الجو الحار)، أو يُضار هذا العضو النباتى بشدة لدى تعرضه للعامل البيئى غير المناسب. ويشار إلى النبات الحساس أحياناً بأنه Intolerant، ولكن يفضل وصفه بأنه Sensitive.

هذا.. وتقاس الحساسية والقدرة على التحمل على مقياس واحد يمتد من شدة الحساسية إلى شدة القدرة على التحمل.

والتأقلم Adaptation مصطلح ليس له مكان فى مجال التربية لتحمل العوامل البيئية القاسية؛ ذلك لأنه يعنى أحد أمرين: إما تأقلم فسيولوجى، وإما تأقلم وراثى طبيعى.

فأما التأقلم الفسيولوجى Physiological Adaptation.. فهو حدوث تغيرات فسيولوجية معينة فى النبات - لدى تعرضه لظروف بيئية معينة - تجعله أكثر قدرة على تحمل مزيد من الانحراف فى هذا العامل البيئى، أو غيره. ومن أمثلة ذلك التغيرات الفسيولوجية التى تطرأ على النباتات لدى تعرضها لعملية التقسية، أو الأقلمة Hardening، والتى تجعلها أكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية غير المناسبة لها بعد الشتل. ومنها أيضاً زيادة قدرة ثمار محاصيل الجو الدافئ (مثل الطماطم، والباذنجان، والقرعيات) على تحمل التخزين فى الحرارة المنخفضة دون أن تُصاب بأضرار البرودة Chilling Injury إذا ما عُرِّضت - فترة وجيزة - لحرارة مرتفعة قبل تخزينها فى الجو البارد (حسن ١٩٩٣أ).

وبرغم أن هذا التأقلم الفسيولوجى هو - فى حقيقته - وراثى؛ لأنه يتم عن طريق إنزيمات معينة يتحكم فى إنتاجها جينات معنية، إلاّ أنه لا يُصنّف على أنه تأقلم وراثى إلاّ بقدر كون جميع صفات النبات المورفولوجية، والتشريحية، والفسيولوجية هى - فى الأساس - صفات وراثية. كما أن هذا التأقلم الفسيولوجى ليس بطفرة وراثية تميز صنفاً أو سلالة معينة عن غيرها من أصناف أو سلالات نفس النوع النباتى، وإنما هو خاصية شائعة فى عدد كبير من الأنواع النباتية.

وأما التأقلم الوراثى Genetic Adaptation.. فهو - فى حقيقته - تطور وراثى داخل النوع الواحد يجعله أكثر تأقلما مع الظروف البيئية السائدة فى المناطق التى ينمو فيها. ويحدث هذا التأقلم - أو التطور - بفعل الانتخاب الطبيعى Natural Selection الذى يُبقى على الطفرات الأكثر تحملاً لتلك الظروف البيئية. وما يهمنا من التأقلم الوراثى هو محصلته النهائية، ألا وهى صفة القدرة على تحمل العامل البيئى المعنى. أما عملية التأقلم ذاتها فهى جزئية من تطور النوع، وتتم - تلقائيا - فى الطبيعة، ولا دخل لتربية النبات بها.

يتبقى بعد ذلك مصطلحات يشيع استخدامهما كثيراً فى مجال التربية لمقاومة الأمراض والآفات ـ ومن أهمها: القابلية للإصابة Susceptibility، والمقاومة Resistance، والمناعة Immunity ـ ولكنها لا تناسب هذا المقام؛ أى مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية.

فالقابلية للإصابة يُعنى بها عدم قدرة النبات على حماية نفسه من الإصابة بمسببات الأمراض (مثل: الفطريات، والبكتيريا، والفيروسات)، والآفات (مثل: النيماتودا، والحشرات، والأكاروسات) التى يمكنها التطفل على النبات، والتكاثر عليه، وإحداث أضرار به. فإذا كانت تلك الأضرار شديدة ـ حتى مع المعدلات المنخفضة لتكاثر الآفة أو المسبب المرضى ـ كان النبات حساساً Sensitive. أما إن كانت الأضرار قليلة بالرغم من شدة تكاثر الآفة أو المسبب المرضى.. فإن النبات يكون قادراً على تحمل الإصابة Tolerant. وقد سبقت مناقشة هذين المصطلحين وذكرنا أنهما يقعان على مقياس واحد.

أما المقاومة فإنها تقع مع القابلية للإصابة على مقياس واحد، ويعنى بها قدرة النبات على حماية نفسه من الإصابة بمسببات الأمراض والآفات، التى تنخفض ـ قليلاً أو كثيراً ـ قدرتها على التطفل على النبات المقاوم، والتكاثر عليه؛ وبذا.. يقل ـ قليلاً أو كثيراً ـ الضرر الذى يحدث من جراء هذا التطفل، أو ذلك التكاثر.

ويتبين مما تقدم أن مقاومة النبات أو قابليته للإصابة يمكن أن تكون على مستويات مختلفة؛ فيوصف النبات بأنه شديد القابلية للإصابة، أو قابل للإصابة، أو متوسط القابلية للإصابة، أو متوسط المقاومة، أو مقاوم، أو مقاوم بدرجة عالية. فإذا وصلنا إلى الحالة التى لا يمكن فيها للآفة أو المسبب المرضى اختراق دفاعات النبات إطلاقا.. فإن ذلك هو ما يعرف بالمناعة Immunity، ويكون النبات منيعاً.

ويرغم أن ظهور طفرات وراثية منيعة ـ فى نبات ما ـ ضد إحدى الآفات أو المسببات

المرضية - التي يشيع تطفلها على هذا النوع النباتي - يعد أمراً نادر الحدوث؛ إلاّ أن المناعة تعد أكثر شيوعاً - في الطبيعة - من المقاومة؛ فلا يوجد نبات واحد قابل للإصابة بجميع مسببات الأمراض والآفات المعروفة، بل إن كل نبات لا يُصاب سوى بعدد محدود للغاية من بين تلك المتطفلات التي يتوفر منها عدة آلاف في الطبيعة.

وإذا ما تمعنّا في مفهوم القابلية للإصابة، والمقاومة، والمناعة - على ضوء الشرح المتقدم - فإننا نجد أنها لا تصلح للاستعمال في مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية.. فأين التطفل؟ وأين التكاثر؟ وأين التفاعل والديناميكية التي يمكن بهما وصف النبات بالمقاومة، أو القابلية للإصابة؟ كما يتبين لأول وهلة أن مصطلح المناعة ليس له وجود في مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية. فلا يوجد نبات منيع ضد الانحرافات الحادة في أي عامل بيئي، وهناك - دائما - حدود لقدرة النباتات على تحمل الانحرافات في العوامل البيئية.

ومع ذلك.. فكثيرا ما نقرأ عن مقاومة النباتات للملوحة، أو للحرارة العالية أو المنخفضة، أو لمبيدات الحشائش أو لإصابتها بالعيوب الفسيولوجية (غير المرضية)، أو مناعتها لتلك العيوب. ويرى المؤلف أن تلك الأوصاف قد تصلح - مجازاً - وقد تكون مفيدة لتقريب المعنى المطلوب لغير المتخصصين، ولكن يُفضل تجنب استعمالها في مجال التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية؛ توخيًا للدقة العلمية.

وبذا .. يتبين أن مصطلحي الحساسية والقدرة على التحمل هما أفضل المصطلحات التي يمكن استخدامها في وصف تأثر النباتات بمختلف العوامل البيئية؛ فيوصف النبات بالحساسية إن كان تأثره كبيراً، وبالتحمل إن كان قليل التأثر، مع توصيف المصطلحين بالقلة، أو التوسط، أو الشدة حسب الحالة.

طرق التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية

يتطلب نجاح برامج تربية النباتات أن تكون طرق التقييم المتبعة فيها - لأية صفة كانت -

سهلة وسريعة، بحيث يمكن إنجازها فى أقصر وقت ممكن، وبأقل جهد، وأقل تكلفة؛ ذلك لأن المربى يتعين عليه ـ غالباً ـ تقييم مئات ـ أو آلاف ـ من النباتات فى كل جيل من أجيال التربية. ويختلف المربى ـ فى هذا الشأن ـ عن غيره من الباحثين الذين تكون أعداد معاملاتهم ـ غالبا ـ محدودة، بما يسمح بأن تكون طرق التقييم التى يستخدمونها أكثر استنزافاً للوقت، والجهد، والمال، وربما كانت أكثر دقة.

ومن الطبيعى أن يكون هناك حد أدنى للدقة فى طرق التقييم المستخدمة فى برامج التربية، كما يجب أن تتوفر المرونة فى هذا الشرط؛ ففى بداية برامج التربية ـ حينما يقوم المربى بتقييم أوّلى لأعداد كبيرة من الأصناف والسلالات التى تتباين كثيراً فى الصفة موضوع الدراسة ـ فإن الحد الأدنى للدقة فى التقييم يكفى لتمييز السلالات عن بعضها فى تلك المرحلة. ومع تقدم برنامج التربية.. تقل ـ تدريجيا ـ التباينات المشاهدة، بما يتعين اللجوء إلى طرق للتقييم تكون أكثر دقة، ليمكن تمييز النباتات ـ المختلفة وراثيا فى الصفات المقيمة ـ عن بعضها البعض. كذلك تقل ـ تدريجيًّا ـ أعداد النباتات والسلالات المقيمة مع تقدم التربية؛ الأمر الذى يسمح باتباع طرق أكثر تكلفة.

وغنى عن البيان أن توفر طرق دقيقة قليلة التكلفة ـ منذ البداية ـ يغنى عن تغيير طرق تقييم الصفات المرغوب فيها خلال برنامج التربية. وإذا لجأ المربى إلى طرق غير مباشرة للتقييم، كأن يستدل من وجود صفة ما فى النبات على الصفة المرغوب فيها ـ التى يتطلب ظهورها إجراء اختبارات خاصة ـ فإنه يتعين وجود ارتباط قوى بين الصفتين، ويتعين تحديد مدى قوة هذا الارتباط إحصائياً.

ويمكن إيجاز الطرق المتبعة فى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية فيما يلى :

١ ـ طرق غير مباشرة:

ومن أمثلتها ما يلى :

أ - تقييم المحصول فى الحقل مباشرة تحت الظروف البيئية القاسية المطلوب التربية لتحملها:

تتميز هذه الطريقة بكونها عملية وواقعية؛ لأن المنتج النهائى المرغوب فيه - وهو المحصول - يؤخذ فى الحسبان منذ البداية، ولكن يعيبها ما يلى :

(١) استنزافها لكثير من الوقت والجهد، لضرورة بقاء النباتات فى الأرض لحين حصادها.

(٢) ليست دقيقة، وقد تعطى نتائج خاطئة؛ لأن ارتفاع المحصول قد يرجع إلى عوامل وراثية خاصة بتلك الصفة، ولا علاقة لها بتحمل العوامل البيئية القاسية السائدة.

(٣) لا تفيد فى تمييز التراكيب الوراثية التى تتحمل العوامل البيئية القاسية لأسباب (صفات) مختلفة؛ بينما يكون ذلك مطلوبا ليتسنى تجميع تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد ربما يكون أكثر تحملاً للعوامل البيئية القاسية.

(٤) تكون الاختبارات الحقلية دائماً عرضة للتقلبات فى العوامل البيئية؛ الأمر الذى ربما لا تتحقق معه سيادة العامل أو العوامل البيئية المرغوب فى التربية لتحملها .

ب - التقييم بمعاملات خاصة للدلالة على مدى تحمل الانحراف فى عوامل بيئية معنية:

يجرى التقييم لتحمُّل العامل البيئى المعنى - فى هذه الحالة - بتعريض النباتات لمعاملات خاصة يكون تأثيرها مرتبطاً بمدى حساسية أو تحمل النباتات للانحراف فى هذا العامل البيئى. ولعل تأثير المعاملة بالإثيفون يعد من أبرز الأمثلة فى هذا المجال.

استخدم Tripp & Wien (١٩٨٩) معاملة الرش ٢ - ٣ مرات بالإثيفون بتركيز ٧٥ جزءاً - ٢٠٠ جزء فى المليون فى تقييم الفلفل لتحمل براعمه الزهرية للظروف البيئية القاسية - التى تؤدى إلى سقوطها - حيث أدت المعاملة إلى سقوط البراعم الزهرية - للأصناف الحساسة للحرارة العالية - بدرجة أكبر مما حدث فى الأصناف التى تتحمل الحرارة العالية. وربما

ترجع العلاقة بين العاملين (الحرارة العالية والإثيفون) إلى أن الظروف القاسية ـ المتمثلة فى الحرارة العالية ـ يترتب عليها إنتاج النباتات لتركيزات عالية من غاز الإيثيلين الذى يعد من الهرمونات المحفزة لتساقط الأعضاء النباتية، بينما تؤدى المعاملة بالإثيفون إلى زيادة تركيز غاز الإيثيلين فى النبات.

وفى دراسة تالية.. أكد Wein (١٩٩٠) أن الرش بالإيثيفون بتركيز ٧٥ أو ١٥٠ جزءاً فى المليون - فى غياب أية ظروف بيئية قاسية ـ يفيد كثيراً فى تعرف التراكيب الوراثية الحساسة لهذه الظروف. كما وجد أن تظليل النباتات إلى درجة حجب ٨٠٪ من الضوء الساقط عليها يعطى النتيجة ذاتها، ولكن طريقة التظليل تميزت عن الرش بالإيثيفون بأنها قابلة للتطبيق فى مدى أوسع من الظروف البيئية. وباستخدام أى من هاتين الطريقتين.. تمكن الباحث من تميز ثلاثة أصناف أقل من غيرها تعرضاً لتساقط الأزهار والبراعم الزهرية، وهى: Ace و Canape و Belrubi.

كما استخدم الإثيفون أيضاً ـ فى إنجلترا ـ فى تقييم الطماطم لمقاومة الملوحة العالية؛ حيث ارتبطت شدة الأعراض التى أحدثتها معاملة الإيثفون بالحساسية للملوحة فى جيرمبلازم الطماطم.

٢ ـ طرق مباشرة :

ومن أمثلتها ما يلى :

أ ـ إجراء التقييم فى حقول تتوفر فيها العوامل البيئية المرغوب فى التقييم لتحملها، خاصة ما يتعلق منها بالعوامل الأرضية، مثل: ملوحة التربة، أو انخفاض أو ارتفاع الـ pH، أو مستوى العناصر إلخ. وقد يجرى التقييم فى مناطق صناعية تسودها ملوثات معينة للهواء، أو فى مناطق تتعرض ـ دائماً ـ لانحراف حاد فى درجة الحرارة، سواء أكانت بالارتفاع، أم بالانخفاض.

يفضل فى هذه الحالات إجراء التقييم للصفة المرغوب فيها مباشرة منفردة، أو مع

المحصول إن أمكن، ولكن لا يفضل التقييم للمحصول منفرداً؛ لأن ذلك قد يعنى احتمال انتخاب تراكيب وراثية لا لشئ إلاّ لكونها ذات كفاءة إنتاجية عالية.

ب - إجراء التقييم فى الصوبات (البيوت المحمية) :

تتشابه هذه الطريقة فى مميزاتها مع طريقة التقييم الحقلى السابقة، وتزيد عليها فى إمكانية السيطرة التامة على العوامل البيئية، واستمرار برنامج التربية فى غير المواسم العادية لنمو النباتات.

جـ - إجراء التقييم فى المختبرات تحت ظروف متحكم فيها :

تسمح هذه الطريقة بالتقييم لصفات معينة ترتبط بالأساس الفسيولوجى للصفة الظاهرة للمربى؛ أى بصفة تحمل الظروف البيئية القاسية، كما تسمح بتمييز التراكيب الوراثية - التى تتحمل تلك الظروف - لأسباب مختلفة.

٣ - التقييم من خلال مزارع الأنسجة

يجرى التقييم لتحمل الظروف البيئية القاسية عن طريق مزارع الأنسجة؛ حيث يتم عزل سلالات خلايا Cell Lines قادرة على تحمل تلك الظروف. وقد اتبعت هذه الطريقة بنجاح فى مجالات التربية لتحمل الملوحة، ونقص العناصر، والتركيزات العالية من الألومنيوم (الذى يتوفر بتركيزات سامة فى الأراضى التى ينخفض فيها الـ pHكثيرا)، وكذلك فى الانتخاب لتحمل مبيدات الحشائش، وسموم المسببات المرضية.

ويتعين - بعد عزل سلالات الخلايا المرغوب فيها - تهيئة الظروف المناسبة لتميز نباتات كاملة منها؛ ليمكن إكثارها جنسيا أو خضريا، واختبارها لتحمل الإنحراف فى العامل البيئى المعنى تحت الظروف الطبيعية.

ومن أهم مزايا التقييم عن طريق مزارع الأنسجة ما يلى :

أ - إمكانية التحكم فى العوامل البيئية، بما فى ذلك مستوى الانحراف فى العوامل البيئية التى يُرغب فى التربية لتحملها.

ب ـ تقييم عدد كبير من الخلايا فى ظروف تامة التجانس.

جـ ـ غياب التباينات ـ فى الصفات المعنية ـ التى ترجع إلى اختلافات مورفولوجية، أو إلى اختلافات فى مرحلة النمو النباتى؛ لأن التقييم يتم على المستوى الخلوى.

د ـ إمكان دراسة الأساس الفسيولوجى للصفات المقيمة على المستوى الخلوى.

ولكن التقييم عن طريق مزارع الأنسجة يعيبه ما يلى :

أ ـ ضرورة توفر التقنيات المناسبة لتميز النباتات بشكل جيد من سلالات الخلايا المنتخبة؛ الأمر الذى لا يتوفر فى جميع الحالات، كما أن قدرة سلالات الخلايا على التميز تنخفض بشدة مع مرور الوقت.

ب ـ ربما لا تظهر الصفة المعنية فى النباتات الكاملة التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة.

جـ ـ ربما لا تحتفظ النباتات الكاملة ـ التى تتميز من سلالات الخلايا المنتخبة ـ بصفات الصنف الأصلى الذى أنتجت منه؛ بسبب ظهور طفرات ـ غير مرغوبة ـ فيها.

د ـ لا تفيد هذه الطريقة فى الانتخاب للصفات التى تعتمد على وظيفة مركبة لعضو نباتى، أو مجموعة من الأعضاء أو الأنسجة النباتية؛ مثل انتقال العناصر فى الجهاز الوعائى (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

أهداف التربية فى مجال تحمل الظروف البيئية القاسية

نتناول بالشرح ـ فى الفصول التالية ـ الأهداف التى يضعها المربى نصب عينيه عن التربية لتحمل الظروف البيئية القاسية، وهى :

١ ـ تحمل الانحرافات الحادة فى درجات الحرارة انخفاضاً، أو ارتفاعاً.

٢ ـ الاستجابة للفترة الضوئية السائدة.

٣ ـ تحمل المستويات العالية من الأملاح فى التربة ومياه الرى.

٤ ـ تحمل الجفاف.

٥ ـ القدرة على النمو فى الأراضى الغدقة، وهى التى تبقى مشبعة بالرطوبة لفترات طويلة.

٦ ـ تحمُّل الانحرافات الحادة فى pH التربة انخفاضاً، أو ارتفاعاً، وتحمل نقص العناصر أو تيسرها إلى درجة السمية المترتبان على تلك الانحرافات.

٧ ـ القدرة على النمو الجيد فى وجود مستويات منخفضة من العناصر الغذائية بصورة عامة، مع الاستجابة الجيدة للتسميد.

٨ ـ زيادة كفاءة العلاقة بين النباتات وبكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى.

٩ ـ تحمل مبيدات الحشائش.

١٠ ـ تحمل المركبات التى تلوث الهواء الجوى Air Pollutants.

وسيكون محور الدراسة عند تناولنا لتلك الأهداف هو العامل البيئى المعنى، وما يتصل به من أمور؛ مثل: مصادر صفة القدرة على تحمل العامل البيئى، ووراثتها، وأساسها الفسيولوجى (طبيعتها)، وطرق التقييم التى اتبعت لإظارها، وجهود التربية التى بذلت لإدخالها فى الأصناف التجارية.

تحسين نوعية البذور

بالإضافة إلى الأهداف التى سبق بيانها، فإن المربى يهتم ـ كذلك ـ بتحسين نوعية البذور (من حيث كونها أعضاء تكاثر)؛ لتكون أكثر قدرة على تحمل الظروف البيئية القاسية أثناء إنباتها، كما يهتم بالتربية لإسراع إنبات البذور، لزيادة فرصة إفلاتها من الظروف البيئية غير المناسبة. وقد تجرى التربية لتحسين نوعية البذور بهدف محدد مثل زيادة قدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة أو المرتفعة، وهو ما يدخل ضمن الفصول التالية، ولكن

الهدف من التربية لتحسين نوعية البذور قد يكون - كذلك - زيادة فرصة تحملها للظروف البيئية القاسية - بصورة عامة - وهو ما تتناوله بالشرح فى هذا الجزء، مع الاستعانة بأمثلة من الدراسات التى أجريت على محصولى الطماطم والفاصوليا فى هذا المجال.

إسراع إنبات البذور

يعد إسراع إنبات البذور - كما أسلفنا - وسيلة فعالة لتجنب احتمالات تعرضها لظروف بيئية غير مناسبة، ولتقصير الفترة التى تظل البذور معرضة خلالها لهذه الظروف إن وجدت.

لقد لوحظت اختلافات واضحة بين أصناف الطماطم فى سرعة إنبات بذورها. ووجد Whittington & Fierelanger (١٩٧٢) أن سرعة الإنبات صفة وراثية تتميز بما يلى:

١ - أغلب التأثير الجينى فيها إضافى.

٢ - تتأثر بالتركيب الوراثى للنبات الأم.

٣ - ترتبط إيجابياً بوزن البذرة.

كما تبين من دراسات Pet & Garretsen (١٩٨٣) وجود اختلافات وراثية بين أصناف الطماطم فى حجم بذورها؛ حيث ظهرت صفة البذور الكبيرة فى هجين الطماطم إكستيز Extase. ويستدل من دراستهما على أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية. وقد أكدت الدراسة أن البذور الكبيرة تنبت بسرعة أكبر من الصغيرة، وتنتج بادرات ذات أوراق فلقية أكبر حجماً، ونباتات أقوى نمواً. إلاّ أن تأثير حجم البذرة يختفى - غالباً - فى النباتات الكبيرة.

التخلص من غطاء البذرة شبه الصلد

تعرف البذور شبه الصلدة فى الفاصوليا بأنها البذور الجافة التى لا تمتص الماء خلال الأربع والعشرين ساعة الأولى من النقع فى الماء، ولكنها تكتسب الرطوبة - بسرعة - خلال ١٤ يوماً من وضعها فى جو ذى رطوبة نسبية مرتفعة، ويمكنها الإنبات بعد ذلك بصورة

طبيعية. ويتأخر إنبات البذور شبه الصلدة نحو ٢ - ٣ أيام؛ مما يؤدى إلى زيادة احتمالات تعرضها للظروف البيئية غير المناسبة وإلى عدم تجانس النضج؛ ولذلك أهمية كبيرة عند إنتاج الفاصوليا للتصنيع. وقد وجدت اختلافات وراثية بين أصناف الفاصوليا فى تلك الصفة (عن Morris ١٩٧١).

وفى دراسة أجريت على ٣٨٨ صنفاً من الفاصوليا.. تبين أن ٨٠٪ منها كان بها بذور صلدة بنسبة تراوحت من ١ - ٧٩٪. وبالتلقيح بين السلالات الخالية من البذور الصلدة والسلالات ذات النسبة العالية من البذور الصلدة.. كانت بذور الجيل الأول وسطاً بين الآباء، وظهرت كل الانعزالات الممكنة فى الجيل الثانى؛ مما يدل على أن عدد الجينات الذى يتحكم فى هذه الصفة قليل نسبياً (عن Copeland ١٩٧٦).

وفى دراسة أخرى وجد Dickson & Boettger (١٩٨٢) أن تلك الصفة يتحكم فيها عدة جينات مع سيادة غير تامة لصفة البذور غير الصلدة. وقد كانت هذه الصفة مرتبطة بصفة قوة نمو البادرات، وقدرت درجة توريثها - على النطاق الضيق - بنحو ٢٠ - ٥٠٪.

ويفضل دائماً أن تكون البذور نصف صلدة Semihard؛ لأن البذور التى تمتص الماء بسرعة شديدة تكون أكثر عرضة للإصابة بتشققات البذور؛ مما يؤدى إلى إنتاج بادرات غير طبيعية. وتميز البذور المرغوبة بنقع البذور (بعد تجفيفها سلفاً إلى ٦٪ رطوبة) فى الماء لمدة ١٢ - ٢٤ ساعة مع ملاحظتها؛ للتخلص من السلالات التى تتشرب بذورها بالماء قبل مرور ١٢ ساعة، وتلك التى تبقى بذورها غير متشربة بالماء لمدة تزيد على ٢٤ ساعة، وهى التى تكون بذورها صلدة، بينما تكون السلالات التى تتشرب بذورها بالماء خلال ١٢ - ٢٤ ساعة نصف صلدة.

مقاومة تمزق قصرة البذرة

تعرف حالة تمزق قصرة البذرة فى الفاصوليا باسم fish face، وهى تحدث عند نمو الفلقتين بسرعة أكبر من سرعة نمو قصرة البذرة. تتعرض مثل هذه البذور للإصابة بالعفن فى التربة بدرجة أكبر من البذور السليمة، كما يكون مظهرها غير مقبول، ويتم التخلص منها - غالباً - عند تنظيف البذور.

ولقد وجدت سلالات مقاومة لهذه الحالة، وسلالات أخرى لا تزيد فيها نسبة البذور المصابة - تحت الظروف المناسبة للنمو السريع للبذور - على ١٠٪، وتراوحت نسبة البذور التى أصيبت بتمزق الغلاف البذرى - فى إحدى الدراسات - من ١,٥ إلى ٤٧,٦٪ فى سلالات مختلفة.

وتوضح الدراسات الوراثية أن هذه الصفات يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة (عن Morris ١٩٧١)، وذو نفاذية تتراوح من ٢٥ - ٥٠٪ حسب موسم النمو (Dickson ١٩٦٩).

مقاومة الأضرار الميكانيكية

تلعب الأضرار الميكانيكية - التى تحدث بالبذور - دوراً كبيراً فى مدى تحملها للظروف البيئية القاسية أثناء إنباتها، وكذلك تحمل البادرات الناتجة منها لتلك الظروف.

وتختلف أصناف وسلالات الفاصوليا فى مدى مقاومة بذورها للإصابة بالأضرار الميكانيكية Mechanical Injuries عند استخلاصها وتداولها. وقد تراوحت نسبة الإصابة بالتشققات العرضية لفلقات البذور - فى أصناف مختلفة - من صفر إلى ٤٨,٣٪ فى إحدى الدراسات، ومن ٥ - ٩٤٪ فى دراسة أخرى. كما وجدت المقاومة لهذا النوع من تشققات البذور فى بعض سلالات الفاصوليا ذات القرون الشمعية، ونقلت إلى أصناف ذات قرون خضراء (عن Dickson ١٩٨٠).

وقد درس Dickson & Boettger (١٩٧٧) وراثة المقاومة لكل من الأضرار الميكانيكية والتشققات العرضية لفلقات البذور، وتوصلا إلى ما يلى :

أ - كانت المقاومة لكلا النوعين من الأضرار الميكانيكية كمية.

ب - كانت البذور الملونة أكثر مقاومة لكلا النوعين من الأضرار الميكانيكية من البذور البيضاء، إلا أنه أمكن الحصول على انعزالات ذات بذور بيضاء ومقاومة.

جـ - قدرت درجتا التوريث على النطاقين العريض والضيق على التوالي: المقاومة للأضرار الميكانيكية: ٥٥ - ٧٩٪، و٢٢ - ٧٣٪، والمقاومة للتشققات العرضية بالفلقات: ٥٢ - ٩٣٪، و٢٢ - ٥٨٪.

د - أدى الانتخاب الشديد فى الجيل التجميعى bulked الثالث إلى زيادة المقاومة لكلا النوعين من الأضرار.

وفى دراسة أخرى.. تراوحت درجة توريث المقاومة للأضرار الميكانيكية - على النطاق الضيق - من ٢٦ - ٤٦٪ مع سيادة المقاومة، وتراوحت فى دراسة ثالثة من ٢٧ - ٥٢٪، وكانت مرتبطة بمقاومة التشققات العرضية بفلقات البذور.

وقد وجد إن إزالة غطاء البذرة، ثم تشبع البذور بالماء يترتب عليه حدوث تشققات عرضية بالفلقات؛ مما يعنى إمكان الحد من هذه الظاهرة لتربية أصناف ذات غطاء بذرى لا يسمح بالتمدد السريع للفلقات أثناء تشربها بالماء، إلا أنه لم توجد علاقة بين سمك الغطاء ومقاومة البذور للأضرار الميكانيكية. هذا.. وتقيم البذور لمقاومة الإصابة بالأضرار الميكانيكية عندما تتراوح نسبة الرطوبة بها من ٥ - ٨٪ (عن Dickson ١٩٨٠)، ويجرى الاختبار بإسقاط عينات من البذور عدة مرات من ارتفاع مترين على سطح صلب، ثم التعرف على البذور المصابة بالأضرار الميكانيكية - إما باختبار الإنبات العادى، وإما بالنقع لمدة ٢ - ٣ دقائق - بحيث تظهر تجعدات واضحة حول الشقوق، بينما لا تتشبع البذور السليمة بالماء إلا بعد عدة ساعات.

وبخصوص طبيعة المقاومة للأضرار الميكانيكية.. لم يتوصل Eisinger & Bradford (١٩٨٦) إلى أية علاقة بين قابلية بذور الفاصوليا للإصابة بالتشققات العرضية بالفلقات وبين محتواها من أى من عنصرى الكالسيوم أو البوتاسيوم، ولكن الباحثين وجدا ارتباطاً موجباً بين مقاومة التشققات ومحتوى البذور من عنصر المغنيسيوم. ونظراً لأن هذا الارتباط اعتمد - أساساً - على وجود اختلافات بين الأصناف فى محتوى بذورها من المغنيسيوم؛ لذا فربما لا يكون ذلك دليلاً على وجود علاقة سبب ومسبب حقيقية بين الصفتين .

تحسين قوة إنبات البذور

وجد ارتباط سالب بين درجة التوصيل الكهربائى بالماء الذى تنقع فيه بذور الفاصوليا، وبين قدرة هذه البذور على الإنبات فى الظروف الحقلية غير المناسبة، لكن تلك العلاقة لم تتأكد تحت الظروف المعملية لاختبارات الإنبات (عن Dickson ١٩٨٠).

مراجع عامة

نذكر ـ فيما يلى ذلك من فصول ـ المراجع التى تخص كل واحد من أهداف التربية التى يأتى شرحها. أما المراجع العامة.. فمن أبرزها فى هذا المجال كل من: Christiansin & Lewis (١٩٨٢)، و Duke (١٩٨٢). وللتعمق فى مجال تربية الفاكهة لتحمل مختلف العوامل البيئية القاسية.. يراجع Quamme & Stushnoff (١٩٨٣)، و Stushnoff & Quamme(١٩٨٣).

٦

التربية لتحمل درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة

أولا : تحمل الحرارة المنخفضة

طرق التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة

تتنوع الطرق المتبعة فى تقييم النباتات لتحمل الحرارة المنخفضة حسب النوع النباتى، وحسب كون الهدف القدرة على الإنبات، أم النمو، أم العقد فى الحرارة المنخفضة، كما يلى:

١ ـ اختبارات القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة:

تجرى اختبارات التقييم للقدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة تحت ظروف متحكم فيها ودقيقة فى المختبرات؛ حيث يتم قياس نسبة الإنبات ـ مباشرة ـ فى درجات الحرارة المرغوبة. كما يمكن إجراء التقييم تحت ظروف الحقل فى المواسم التى تسودها درجات الحرارة المنخفضة فى المجال المناسب للتقييم، مع تسجيل درجات حرارة التربة من الزراعة إلى حين انتهاء الاختبار. ويكون التقييم الحقلى أكثر واقعية، إلاّ أنه ربما لا ينجح بسبب التقلبات الجوية التى قد تؤدى إلى سيادة درجات حرارة شديدة الانخفاض، أو معتدله ـ ومناسبة للإنبات ـ خلال فترة الاختبار.

٢ ـ اختبارات النمو فى الحرارة المنخفضة وتحمل الصقيع :

يؤدى بقاء نباتات المواسم الدافئة فى درجات الحرارة المنخفضة (من ٢ ـ ١٢°م) لأيام قليلة إلى تعرضها لأضرار البرودة التى يسبق ـ أو يصاحب ـ ظهورها تغيرات فسيولوجية؛ أهمها: نقص معدل التنفس والبناء الضوئى، وبطء الحركة الدورانية للسيتوبلازم، وحدوث أضرار للأغشية الخلوية يترتب عليها نفاذتيها للماء وتسرب الأملاح من الخلايا. كما تضار نباتات المواسم المعتدلة والباردة بطريقة مماثلة لدى تعرضها للصقيع، أو لحرارة قريبة من الصفر المئوى لفترة طويلة.

ويتطلب تقييم تحمل النباتات للبرودة أن تتوفر وسيلة كمية لتقدير درجة التحمل لا تعتمد على وصف الأضرار المورفولوجية التى تحدثها البرودة؛ حيث يفضل تقدير درجة التحمل أو شدة الحساسية قبل ظهور أية أعراض يمكن مشاهدتها بالعين المجردة؛ وبذا.. يمكن الإسراع فى عملية التقييم، مع تجنب احتمالات فقد الجيرمبلازم أثناء الاختبار.

وتجرى اختبارات التقييم لتحمل الحرارة المنخفضة إما مباشرة بقياس معدل النمو النباتى فى المجال الحرارى المرغوب فيه، وإما بانتخاب سلالات خلايا Cell Lines من مزارع أنسجة تعرض لحرارة منخفضة، وإما بطرق غير مباشرة تسجل فيها قياسات ترتبط بقدرة النباتات على تحمل البرودة ؛ مثل :

أ ـ الضرر الذى يحدث للأغشية الخلوية لدى تعرضها للبرودة، والذى يتمثل فى زيادة نفاذيتها، وتسرب الأيونات منها ـ ومن الأنسجة النباتية بصورة عامة ـ بمعدلات عالية.

ب ـ التغيرات الكيميائية التى تحدث فى المواد الكربوهيدراتية، والأحماض الأمينية، والـ ATP.

جـ ـ الزيادة فى الأحماض الدهنية غير المشبعة، خاصة فى حامض اللينولنيك Linolenic Acid.

د ـ التغيرات التى تحدث فى الكلوروفيل (عن Christiansen ١٩٧٩).

٣ ـ اختبارات القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة :

تجرى اختبارات التقييم لقدرة الثمار على العقد فى الحرارة المنخفضة ـ عادة ـ من خلال أحد أربعة محاور :

أ ـ قياس نسبة العقد الطبيعى فى ظروف الجو البارد، الذى تنخفض فيه درجة الحرارة إلى مستوى لا يناسب عقد الثمار.

ب ـ قياس كمية أو حيوية حبوب اللقاح المنتجة فى الحرارة المنخفضة.

جـ ـ إحداث العقد بحبوب اللقاح التى تتحمل الحرارة المنخفضة، بإنتاجها فى حرارة منخفضة، ثم استخدامها فى تلقيح أزهار النباتات المرغوب فيها فى حرارة منخفضة، أو معتدلة. وتعتمد هذه الطريقة على أمرين؛ هما:

(١) لا تضار ـ عادة ـ أعضاء التأنيث فى الأزهار عند تعرضها للحرارة المنخفضة بنفس القدر الذى تُضار به أعضاء التذكير.

(٢) نجد ـ حسب قانون هاردى/ فينبرج ـ أن حبوب اللقاح تُنتج بالنسبة العاليه q، مقارنة بالنسبة المنخفضة لتواجد النباتات المنتجة لها q^2.. فلو كانت q = ٠,١ فإن q^2 = ٠,٠١.

د ـ قياس قدرة الثمار على العقد البكرى فى ظروف الحرارة المنخفضة غير المناسبة للعقد الطبيعى.

جهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة

نستعرض ـ فيما يلى ـ الجهود التى أجريت فى مجال التربية لتحمل الحرارة المنخفضة ـ

فى عدد من المحاصيل الزراعية - سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجى للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثتها. ونقدم هذا العرض فى المجالات الثلاثة لهذا الموضوع؛ وهى: إنبات البذور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

ترجع أهمية التربية لتحسين إنبات البذور فى درجات الحرارة المنخفضة إلى أن ذلك يساعد على ما يلى :

- إمكانية الزراعة مبكراً فى شهر يناير، دونما حاجة إلى تدفئة المشاتل لتشجيع الإنبات.

- تجانس الإنبات؛ ومن ثم.. تجانس النضج فى حقول الحصاد الآلى التى تزرع بالبذور مباشرة؛ الأمر الذى يزيد من كفاءة عملية الحصاد (عن De Vos ١٩٨١).

ونتناول الموضوع - فيما يلى - من حيث التباينات فى الصفة، ووراثتها، وطبيعتها.

أولاً : التباينات الوراثية فى قدرة البذور على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

قام Scott & Jones (١٩٨٢) بمقارنة ١٨ سلالة تنمو برياً فى الجبال على ارتفاعات كبيرة - حيث تكون الحرارة منخفضة - وتمثل خمسة أنواع من الجنس Lycopersicon، مع ١٩ سلالة من الطماطم تتميز بقدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، وتوصل الباحثان إلى النتائج التالية :

١ - أظهرت سلالة الطماطم P.I. 120256 (وهى أهم سلالات الطماطم المعروفة بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة، مقارنة بجميع سلالات الطماطم الأخرى؛ حيث أنبتت ٣٠٪ من بذورها خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠°م؛ وتساوت فى ذلك مع السلالة P.I. 126435 من النوع البرى L. peruvianum.

٢ ـ أنبتت السلالة LA 460 من النوع البرى L. chilense بنسبة ١٠٠٪ خلال ١٢ يوماً على حرارة ١٠ْم، علماً بأن صفات ثمارها ليست أسوأ حالاً من أكثر سلالات الطماطم قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة التى تبرز من ثمارها خطوط خضراء متعرجة. ويبين جدول (٦ ـ ١) مقارنة بين السلالتين فى القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، كما تميزت السلالة البرية بأن نموها الجذرى كان أطول كثيراً من سلالة الطماطم خلال أيام قليلة من بدء الإنبات.

جـدول (٦ ـ ١) : مقارنـة بـين السلالتين L. esculentum P.I 120256، و L. chilense L..A. 460 من حيث قدرة بذورهما على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

معاملة الإنبات	النسبة المئوية للإنبات فى السلالة	
	P.I 120256	L A 460
١٠ْم لمدة ١٤ يوماً	٤٠	١٠٠
٩ْم لمدة ١٤ يوماً	قليل جداً	٩٩
٨ْم لمدة ١٤ يوماً	صفر	٤٠
٨ْم لمدة ٢٠ يوماً	صفر	١٠٠

٣ ـ أظهرت السلالات البرية التالية قدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

L. peruvianum P.I. 127831, LA 1474 & P.I 127832.

L. hirsutum P.I. 127826 & LA 386.

كما اختبر Michalska (١٩٨٥) ٣٥ سلالة من النوع L. esculentum، وواحدة من L. pmpinellifoium، و٩ من L. hirsutum، وواحدة من L. glandulosum للقدرة على الإنبات فى حرارة ٥ْم، ووجد أن خمساً منها قادرة على الإنبات فى هذه الظروف؛ وهى :

L. esculentum P.I. 341985, P.I. 341988 & P.I. 341994.

L. hirsutum P.I. 127827, & LA 386.

ثانياً : وراثة قدرة البذور على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

أجريت عدة دراسات على وراثة صفة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة، تبين منها أن هذه الصفة متنحية، وذات درجة توريث مرتفعة، ويتحكم فيها من ١ ـ ٣ أزواج من الجينات. فقد وجد أن الصفة يتحكم فيها جين واحد فى سلالة الطماطم P.I.341984، وثلاثة أزواج على الأقل فى سلالة الطماطم P.I. 341985؛ كما وجد Cannon وآخرون (١٩٧٣) أن قدرة سلالة الطماطم P.I. 341988 على الإنبات فى حرارة ١٠ْم يتحكم فيها جين واحد متنح. وأظهرت دراسات Ng & Tigchelaar (١٩٧٣) أن هذه الصفة يتحكم فيها ٣ ـ ٥ أزواج من العوامل الوراثية المتنحية، وأن درجة توريثها تقدر بنحو ٩٧٪ على النطاق العريض، و٦٦٪ على النطاق الضيق.

كذلك تبين من دراسات De Vos وآخرين (١٩٨١) على ٧ سلالات وأصناف من الطماطم تتباين فى قدراتها على الإنبات فى حرارة ١٠ْم ـ وهى P.I. 120256، و P.I. 341985، وP.I. 341988 ، و P.I. 280597، و Kanatto، وNova، و Early Red Rock ـ أن هذه الصفة متنحية جزئياً، ويكون فيها التأثير الأمى والتأثير الإضافى جوهريين، بينما يكون التفاعل غير الآليلى قليل الأهمية. وقدرت الدراسة درجة توريث الصفة بنحو ٨٥٪ على النطاق العريض، و٦٩٪ على النطاق الضيق.

وأخيراً.. أظهرت دراسات Michalska (١٩٨٥) أن صفة قدرة بذور سلالة الطماطم P.I. 341985 على الإنبات فى حرارة ٥ْم يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، مع احتمال وجود بعض الجينات المحورة.

ثالثاً : طبيعة القدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة:

لا ترجع القدرة على الإنبات ـ فى درجة الحرارة المنخفضة ـ إلى قدرة خاصة للنمو فى هذه الظروف. فبمقارنة سلالة الطماطم P.I. 341985 القادرة على الإنبات فى ١٠ْم بالصنف سنتنيال Centennial الذى لا تتوفر به هذه الصفة، وعدد من سلالات الجيل الرابع ـ للتلقيح بينهما ـ التى تختلف فى هذه الخاصية.. كانت جميعها متشابهة فى معدل نمو الجذير عند هذه الدرجة.

وقد أدى نقع البذور فى محلول لنترات البوتاسيوم وفوسفات أحادى البوتاسيوم، بنسبة ١,٨٪ لكل منها، لمدة ١ ـ ٨ أيام إلى تحسين الإنبات فى كل من السلالة P.I. 341985،

والصنف سنتنيال على حرارة ١٠م، إلاّ أن التحسن فى إنبات الصنف لم يصل إلى مستوى الإنبات فى السلالة؛ أى إن التأثير البيئى لم يرقَ إلى مستوى التأثير الوراثى.

ويبدو أن عدم القدرة على الإنبات فى حرارة ١٠م يرجع - جزئياً - إلى أن البرودة تحفز البذرة على تكوين مواد مانعة للإنبات. وقد أدت إضافة الكربون المنشّط activated carbon إلى بيئة إنبات البذور إلى تحسين الإنبات فى حرارة ١٠م بالنسبة للسلالات غير القادرة - أصلاً - على الإنبات فى تلك الدرجة، بينما لم يكن لهذه المعاملة أى تأثير على السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة١٠م (Maluf & Tigchelaar ١٩٨٢).

وقد وجد أن الماء الذى تنقع فيه بذور سلالة الطماطم P.I. 341984 (وهى سلالة قادرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة) يحفز إنبات بذور نفس السلالة والسلالات الأخرى الحساسة للبرودة، بينما كان الماء الذى نقعت فيه بذور الصنف رد روك Red Rock (الحساس للبرودة) مثبطاً لإنبات بذور نفس الصنف والسلالة المقاومة للبرودة فى درجات الحرارة المنخفضة (Abul-Baki & Stoner ١٩٧٨).

ويذكر أنه قد تحدث تغيرات فى الأغشية الخلوية للأصناف الحساسة للبرودة لدى تعرضها لدرجات حرارة منخفضة . كما وجد Maluf & Tigchelaar (١٩٨٠) أن القدرة على الإنبات فى حرارة ١٠م فى سلالة الطماطم P.I. 341985 ترتبط بزيادة فى نشاط إنزيم بيروكسيديز Peroxidase خلال الأيام العشرة الأولى للإنبات عند هذه الدرجة.

وفى دراسة أخرى أجريت على عدد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة isogenic lines - التى تتفاوت فقط فى قدرتها على الإنبات فى حرارة ١٠م - قارن Maluf & Tigchelaar (١٩٨٢) محتوى بذور هذه السلالات من الأحماض الدهنية، ووجد الباحثان أن قدرة البذور على الإنبات فى حرارة ١٠م ترتبط سلبياً بمحتواها من حامض الأوليك Oleic acid (معامل الارتباط r = -٠,٨١ وجوهرى جداً)، وإيجابياً بمحتواها من حامض اللينوليك linoleic acid (معامل الارتباط r = ٠,٧١ وجوهرى جداً). ولم يتأثر محتوى البذور من الأحماض الدهنية بفترة الحضانة على ١٠م؛ كما تشابه محتوى الأحماض الدهنية فى البذور كلها مع محتوى الأحماض الدهنية فى الأغشية الخلوية.

وقد لاحظ الباحثان أن نسبة الزيادة فى حامض اللينوليك فى السلالات القادرة على الإنبات فى حرارة ١٠م كانت مماثلة لنسبة النقص فى حامض الأوليك (معامل الارتباط r

لنسبة الحامضين = ٠,٧٩ وجوهرى جداً). واقترح الباحثان أن الجينات المسئولة عن قدرة البذور على الإنبات - فى درجات الحرارة المنخفضة - تؤدى إلى زيادة حالة عدم تشبع حامض الأوليك إلى حامض اللانوليك أثناء تكوين البذور.

الفلفل

تتباين أصناف الفلفل التابعة للنوع Capsicum baccatum var. pendulum فى سرعة إنبات بذورها فى درجات الحرارة المنخفضة. ووجد Randle & Honma (١٩٨٠) أن صفة الإنبات البطىء - تحت هذه الظروف - سائدة جزئياً على الإنبات السريع، ويتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى مع تأثير سيادة.

الخيار

توجد سلالات من الخيار تنبت بذورها بسرعة أكبر من غيرها فى درجات الحرارة المائلة إلى البرودة. ووجد Wehner (١٩٨٤) أن درجة توريث سرعة إنبات البذور فى حرارة ١٧°م تراوحت من ٠,٤٤ - ٠,٦١.

الفاصوليا

قام Kooistra (١٩٧١) بتقييم عدد من أصناف الفاصوليا والأنواع الأخرى، ووجد أن أعلى قدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة كانت فى صنف الفاصوليا Comtesse de Chambord، وفى النوعين Phaseolus coccineus، و P. trilobus.

وفى دراسة أخرى.. قيم Austin & MacLean (١٩٧٢) ٢٠٥ أصناف وسلالة من الفاصوليا، ووجدا أن ٤٦ منها ذات قدرة جيدة على الإنبات فى درجة حرارة ثابتة مقدارها ١٢,٥°م. كما أمكن التعرف على سلالات من الفاصوليا، قادرة على الإنبات فى حرارة ١٠°م، والنمو فى حرارة ٧-١٣°م، وسلالات أخرى يمكن لبذورها أن تبقى فى التربة الباردة دون أن تتعفن إلى أن ترتفع درجة الحرارة إلى المجال المناسب للإنبات (عن Morris ١٩٧١).

وقد لخص Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أهم مصادر القدرة على الإنبات فى الفاصوليا - فى الحرارة المنخفضة - كما يلى :

أ - الصنفان Comptesse de Chambord، و Widuse: تنبت بذورهما جيداً فى درجة حرارة ٩ - ٩,٥°م، لكنهما تفقدان نموهما فى حرارة ١٠°م.

ب - السلالة BBL 92: تنبت بذورها فى حرارة ٨ - ٩م على ورق الإنبات فقط، لكن إنباتها يكون رديئاً إذا تعرضت - تحت ظروف الحقل - لدرجة الحرارة المنخفضة فترة طويلة.

جـ - السلالتان NY 5-161، و NY 590: تنبت بذورهما جيداً فى حرارة ٩,٥ - ١٠م، وتنموان جيداً فى درجات الحرارة المنخفضة.

كما يُذكَرْ (J.Amer. Soc. Hort. Sci. - مجلد رقم ١١١ لسنة ١٩٨٦) أن سلالة الفاصوليا P.I. 165426 - BS (من المكسيك) تعد أفضل من معظم الأصناف التجارية؛ من حيث قدرة بذورها على الإنبات فى الأراضى الباردة الرطبة.

وقد أوضح Dickson (١٩٧١) أن قدرة بذور الفاصوليا على الإنبات - فى حرارة ١٠م نهاراً، و٨م ليلاً - ترتبط غالباً بصفة البذور الملونة، وهى التى كانت أقل تعرضاً للعفن فى التربة من البذور غير الملونة. كما وجد أن صفة القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة كمية، وقدرت درجة توريثها بنحو ٣٥٪.

كذلك بينت دراسات Dickson (١٩٨٠) أن نسبة الإنبات فى الحرارة المنخفضة فى كل من البذور الملونة والبذور الصغيرة الحجم أفضل منها فى البذور البيضاء، أو الكبيرة الحجم.

نمو النباتات

الطماطم

من الوسائل الكمية التى استخدمت فى تقييم مقاومة نباتات الطماطم للبرودة قياس مدى استشعاع الكلوروفيلChlorophyl Fluorescence؛ نظراً لما تحدثه البرودة من تأثيرات فى المحتوى الكلوروفيللى فى السلالات الحساسة (Kamps وآخرون ١٩٨٧). وقد استخدم هذا الاختبار بواسطة Walker & Smith (١٩٩٠) فى تقييم تحمل البرودة فى الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ حيث وجدا أن نسبة الاستشعاع المبدئية (F_o) إلى الاستشعاع المقدر بعد التعرض لمعاملة الحرارة المنخفضة (F_p) تزيد بزيادة الحساسية للبرودة (كما فى الصنفينH2653، وH722)، بينما تبقى النسبة منخفضة فى التراكيب الوراثية التى تتحمل البرودة (كما فى النوع البرى Solanum lycopersicoides والجيل الأول بينه وبين صنف الطماطم صب أركتك ماكسىSub-Arctic Maxie، الذى لم تظهر به سوى أضرار قليلة من جراء التعرض لمعاملة البرودة). وتمشياً مع تلك النتائج.. تباينت نسبة F_o إلى F_p فى ٢٥

سلالة من الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الثانى (إلى السلالة H722) للهجين L. hirsutum x H722؛ حيث تراوحت النسبة بين مداها فى الأبوين (البرى والمزروع)؛ مما يدل على أن بعض هذه السلالات اكتسبت بعض القدرة على تحمل البرودة من النوع L. hirsutum.

وفى مجال التقييم لتحمل البرودة.. اختبر Wolf وآخرون (١٩٨٦) خمس سلالات من ثلاثة أنواع برية، مقارنة بسلالة الطماطم السريعة الإنبات فى الحرارة المنخفضة P.I.341988، والصنف الحساس للبرودة UC82. كانت السلالات المختبرة قد وجدت نامية - فى مواطنها الأصلية - على ارتفاعات تزيد على ٣٠٠٠ متر؛ ولذا.. افترض تحملها للبرودة؛ بسبب طبيعة الجو السائد فى هذه الارتفاعات؛ وهى كما يلى :

L. hirsutum LA 1363 & LA 1777

L. chilense LA 1969 & LA 1971

Solanum lycopersicoides LA 1964

وقد استخدم الباحثون فى دراستهم عدة اختبارات، وكانت النتائج كما يلى :

١ - أنبتت بذور سلالة الطماطم P.I. 341988 أسرع من الصنف يوسى ٨٢ وسلالات الأنواع البرية فى حرارة أعلى من ١٠°م، وتوقف إنباتها تقريباً فى حرارة ١٠°م، بينما استمرت السلالات البرية فى الإنبات ببطء على حرارة أقل من ١٠°م.

٢ - زاد معدل النمو فى سلالات الأنواع البرية عما فى الصنف يوسى ٨٢ عندما خفضت درجة الحرارة من ٢٤/١٨°م (نهار/ليل) إلى ١٢/٦°م (نهار/ليل).

٣ - أدى تعريض الأوراق لحرارة ١°م إلى انخفاض استشعاع الكلوروفيل، ولكن النقص كان أكبر فى الصنف الحساس للبرودة يوسى ٨٢، مقارنة بالأنواع البرية.

هذا.. ويمكن الاعتماد على صفة القدرة على النمو فى درجة الحرارة المنخفضة؛ كأساس لتقييم تحمل البرودة. ويمكن - فى هذا الاختبار - اتخاذ الفترة الزمنية - التى تمر بين تكوين ورقتين متتاليتين - دليلاً على مدى تأثر النمو النباتى بالبرودة.

وقد تمكن Patterson & Payne (١٩٨٣) من انتخاب نباتات - من التهجين الرجعى الثانى للطماطم - مماثلة فى مقاومتها للبرودة لسلالة النوع L. hirsutum التى استخدمت فى التلقيح الأصلى. واعتمد الباحثان فى ذلك الاختبار على مدى قدرة النباتات على تكوين

الأوراق الحقيقية الأولى عند تعرضها يومياً لحرارة ٨ْم ليلاً (لمدة ١٦ ساعة)، و٢٠ْم نهاراً (لمدة ٨ ساعات). وقد كان نسل النباتات المنتخبة قريباً من السلالة البرية أو مماثلاً لها فى صفة القدرة على تحمل البرودة؛ وهو ما يعنى إمكان استخدام حرارة الليل المنخفضة كوسيلة غير قاتلة لاختبار مدى مقاومة النباتات للبرودة، خاصة أن صفة القدرة على تحمل البرودة قد تطورت فى مثل هذه السلالات البرية أثناء نموها فى ظروف يسود فيها الجو البارد ليلاً والمعتدل نهاراً.

ومن جهة أخرى.. فقد تبين من دراسات Maisonneuve وآخرين (١٩٨٦) أن الانتخاب للقدرة على تحمل البرودة (١٥ْم نهاراً / ٨ْم ليلاً) لم يكن فعالاً عندما أجرى على أساس اختبار مدى تحمل حبوب اللقاح لهذه الظروف.

هذا.. ويبدو واضحاً من الدرسات ـ التى أجريت على السلالات البرية التى تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة فى جبال الإنديز ـ أن ميكانيكية مقاومتها للبرودة تعتمد على أمرين، هما :

١ ـ بطء تحلل الكلوروفيل فيها عند تعرضها لظروف الليل البارد.

٢ ـ سرعة تعويض الكلوروفيل المفقود منها ليلاً بمجرد تعرضها لضوء النهار.

كما يبدو أن تأقلم هذه النباتات على الحرارة المنخفضة يتمشى مع النظام الحرارى السائد فى مناطق انتشارها، الذى تنخفض فيه الحرارة ليلاً إلى الصفر المئوى، بينما ترتفع نهاراً إلى ٢٠ْم؛ وعليه.. فإن أفضل وسيلة لانتخاب نباتات تتحمل البرودة هى تعريض النباتات لظروف مماثلة، وليس لدرجة حرارة منخفضة ثابتة (Patterson ١٩٨٨).

أما عن مصادر القدرة على تحمل البرودة فى الجنس Lycopersicon.. فقد وجدت ـ أساساً ـ فى بعض سلالات النوع البرى L. hirsutum، وخاصة تلك التى وجدت نامية على ارتفاعات شاهقة فى مواطنها الأصلية. فمثلاً.. أوضحت دراسات Zamir وآخرين (١٩٨١) أن السلالة LA 1777 للنوع L. hirsutum ـ وهى التى تنمو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر على جبال الإنديز ـ ذات قدرة عالية على تحمل البرودة؛ وظهر ذلك فى عدة صور كما يلى :

١ ـ أنبتت بذورها فى درجات الحرارة المنخفضة.

٢ ـ أمكنها إكمال دورة حياتها فى ظروف انخفضت فيها درجة الحرارة الصغرى ـ غالباً ـ عن ٦ْم.

٣ ـ تكون فيها الكلوروفيل ـ أثناء تعرضها لدرجة الحرارة المنخفضة ـ بصورة أفضل مما فى السلالات الأخرى.

٤ ـ كانت حركة السيتوبلازم الدورانية فيها ـ أثناء تعرضها للحرارة المنخفضة ـ أسرع مما فى السلالات الأخرى.

٥ ـ بينما يتغير لون نباتات الطماطم العادية إلى اللون الأسود ـ إذا عرضت النباتات للظلام لمدة ٢٤ ساعة فى حرارة ١٠°م ـ فإن نباتات هذه السلالة لم تتأثر بهذه الصورة. وقد نمت بصورة جيدة فى نظام حرارى ١٢/٥°م (نهار/ليل).

كذلك تتوفر صفة تحمل البرودة فى السلالة LA 1363 من L. hirsutum، والسلالة LA 1969 من L. chilense ، وكلتاهما وجدت نامية على ارتفاع نحو ٣٠٠٠ متر فى جبال الإنديز، ونمت ـ بشكل جيد ـ فى ظروف حرارية ٢٠/صفر°م (نهار ٨ ساعات/ ليل ١٦ ساعة)، بينما لم تكون الطماطم أوراقاً حقيقية تحت هذه الظروف.

وفى سلسلة من البحوث المنشورة ـ قدم لها Smeets & Hagenboom (١٩٨٥) ـ أجريت دراسة موسعة عن الاختلافات بين أصناف الطماطم فى الصفات الفسيولوجية ومدى إمكانية الاستفادة من هذه الصفات أو بعضها فى التربية للقدرة على النمو والعقد والإثمار الجيد فى ظروف الحرارة المنخفضة؛ بهدف تربية أصناف جديدة تصلح للزراعة فى هذه الظروف. ويذكر الباحثان ـ استناداً إلى دراسات أخرى سابقة ـ أن خفض درجة حرارة البيوت المحمية بمقدار درجة أو درجتين أو ثلاث درجات أو أربع درجات مئوية يوفر فى تكاليف التدفئة ـ تحت ظروف هولندا ـ بمقدار ٨٪، و١٢ و١٥٪، و٢٢٪، و٢٧٪ على التوالى؛ وعليه بدأت الدراسة بتقييم ١٦ صنفاً من الطماطم للصفات التالية تحت ظروف الحرارة المنخفضة: معدل النمو النسبى Relative Growth Rate ، والكفاءة التمثيلية Net Assimilation Rate ، ونسبة المساحة الورقية Leaf Area Ratio، ووزن الأوراق الطازج Specific Leaf Weight ، ونسبة وزن الأوراق Leaf Weight Ratio، وصافى البناء الضوئى Net Photosynthesis، والتنفس الظلامى Dark Respiration، ومقاومة الثغور Stomatal Resitance، ومحتوى النبات من كل من السكريات، والنشا، والنترات، والنيتروجين المختزل، والفوسفور، والبرولين.

وتلا ذلك دراسة وراثة هذه الصفات ـ تحت ظروف الحرارة المنخفضة ـ باختبار تلقحيات

دايلل Diallel Crosses بين الستة عشر صنفاً. وكان من نتائج هذه الدراسة أن وجدت اختلافات واضحة بين الأصناف - تحت ظروف الحرارة المنخفضة ليلاً والإضاءة الضعيفة نهاراً - فى كل من صافى البناء الضوئى، والتنفس الظلامى(Van de Dijk & Maris ١٩٨٥)، ومقاومة الثغور، ووزن الأوراق الطازج؛ حيث بدا أن الأصناف ذات الوزن الورقى الأقل كانت أكثر تأقلماً (Van de Dijk ١٩٨٥).

وعن وراثة القدرة على تحمل البرودة.. وجد Kamps وآخرون (١٩٨٧) - من دراستهم على الهجين الجنسى بين صنف الطماطم صب أركتك ماكسى، والنوع S. lycopersicoides - أن تلك الصفة سائدة، وليست سيتوبلازمية.

الفلفل

أمكن الحصول على سلالات خلايا Cell Lines من الفلفل قادرة على تحمل درجات الحرارة المنخفضة بالانتخاب فى مزارع الأنسجة. ويتم الانتخاب للصفة على أساس قدرة الخلايا المفردة على البقاء والتكاثر بعد تعريض تجمعات الخلايا، أو أجزاء الكالوس لدرجات حرارة منخفضة.

وأوضحت الدراسات - التى أجريت على معدلات التنفس فى سلالات خلايا حساسة وأخرى تتحمل البرودة - وجود اختلافات بينها مماثلة لتلك التى توجد بين الأنواع النباتية التى تتفاوت فى حساسيتها للبرودة (عن Dix ١٩٨٠).

البطاطس

قسم Richardson & Weiser (١٩٧٢) درجة تحمل الصقيع Frost Tolerance فى ٥٧ نوعاً من الجنس Solanum إلى المجموعات التالية :

١ - أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٥°م وربما إلى أقل من ذلك، وهى :

S. acaule

S. chomatophilum

S. commersonii

S. x juzepczukii

S. multidissectum

٢ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٤ إلى -٥°م، وهى :

S. ajanhuiri

S. x curtilobum

S. demissum

S. megistacrolobum

S. microdontum

S. vernei

٣ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٣ إلى -٤°م، وعددها ٢٤ نوعاً منها:

S. tuberosum ssp. andigena

٤ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -٢ إلى -٣°م، وعددها ١٦ نوعا.

٥ ـ أنواع تتحمل انخفاض درجة الحرارة إلى -١ إلى -٢°م وعددها ٦ أنواع، منها:

S. tuberosum ssp. tuberosum

كما أمكنهما الحصول على سلالات على درجة عالية من المقاومة للصقيع من بعض الأنواع المزروعة الحساسة للصقيع؛ مثل:

S. phureja

ومن التلقيح S. phureja x S. tuberosum ssp. andigena.

ويدل ذلك على أن المقاومة للصقيع ربما كانت متنحية، أو يتحكم فيها جينات مكملة لبعضها البعض، أو يوجد بينها تفاعلات تفوق. كما تدل على إمكان انتخاب طرز مقاومة للصقيع من الطرز الحساسة.

وفى محاولة أخرى.. قسم Chen & Li (عن Li & Fennell ١٩٨٥) ٢٤ نوعاً من

الجنس Solanum إلى خمس مجموعات حسب كونها تتحمل الصقيع والبرودة أم حساسه لهما، وما إذا كانت تستجيب أم لا تستجيب لمعاملة الأقلمة acclimation على درجة حرارة منخفضة قبل التعرض لمعاملة الصقيع (جدول ٦ ـ ٢).

وتبعاً لهذا التقسيم.. فإن أربعة أنواع (هي S. acaule ، و S. commersonii ، و S. multidissecum ، و S. chomatophilum) تتحمل ـ بعد أقلمتها بالبرودة ـ الانخفاض فى درجة الحرارة حتى ـ٨,٥ْم إلى ـ١١,٥ْم بينما وضعت البطاطس فى مجموعة الأنواع الحساسة للصقيع، التى لا تستجيب لمعاملة الأقلمة بالبرودة، والتى لا تتحمل انخفاض درجة الحرارة لأكثر من ثلاث درجات تحت الصفر.

تركزت معظم الدراسات الوراثية الخاصة بتحمل الصقيع على التهجين :

S. acaule x S. tuberosum

وقد وضحت سيادة صفة المقاومة للصقيع فى التهجين بين S. tuberosum وأى من الأنواع التالية :

S. acaule

S. bulbasovii

S. x curtilobum

S. demissum

S. x juzepczukii

كما أظهرت هذه التلقيحات أن المقاومة للصقيع صفة كمية، برغم أنها قد تتضمن جيناً رئيسياً واحداً مع الجينات الأقل تأثيراً فى ظهور الصفة.

ولكن ظهر من التلقيح :

S. tuberosum x S. demissium

أن المقاومة للصقيع صفة بسيطة ذات سيادة غير تامة (Richardson & Weiser ١٩٧٢).

جدول (٦ ـ ٢) : تقسيم أنواع الجنس Solanum حسب تحملها للصقيع والبرودة، واستجابتها لمعاملة الأقلمة بالبرودة.

المجموعة والأنواع	درجة الحرارة المميتة للنبات (مْ) قبل الأقلمة(أ)	بعد الأقلمة(ب)
المجموعة الأولى مقاومة للصقيع وتستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. acaule	٦,٠-	٩,٠-
S. commersonii	٤,٥٠-	١١,٥-
S. multidissectum	٤,٠-	٨,٥-
S. chomatophilum	٥,٠-	٨,٥-
المجموعة الثانية مقاومة للصقيع ولا تستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. bolviense	٤,٥-	٤,٥-
S. megistacrolobum	٥,٠-	٥,٠-
S. sanchae - rosae	٥,٥-	٥,٥-
المجموعة الثالثة: حساسة للصقيع وتستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. oploocense	٢,٠-	٨,٠-
S. polytrichon	٢,٠-	٦,٠-
المجموعة الرابعة: حساسة للصقيع ولا تستجيب للأقلمة بالبرودة		
S. brachistotrichum	٢,٠-	٢,٠-
S. cardiophyllum	٢,٠-	٢,٠-
S. fendleri	٢,٠-	٢,٠-
S. jamesii	٢,٠-	٢,٠-
S. kurtzianum	٢,٠-	٢,٠-
S. microdontum	٢,٠-	٢,٠-
S. pinnatisectum	٢,٠-	٢,٠-

الجدول مستمر

تابع جدول (٦ ـ ٢) .

المجموعة والأنواع	درجة الحرارة المميتة للنبات (مْ)	
	قبل الأقلمة(أ)	بعد الأقلمة(ب)
S. stenotomum	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. stoloniferum	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. sucrense	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. tuberosum	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. venturii	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. vernei	ـ٣,٠	ـ٣,٠
S. verrucosum	ـ٣,٠	ـ٣,٠
المجموعة الخامسة: حساسة للبرودة		
S. trifidum	ـ٣,٠	تموت(جـ)

(أ) كانت ظروف النمو للنباتات غير المؤقلمة بالبرودة ـ قبل تعريضها للبرودة القاتلة ـ هى: ٢٠ْم نهاراً، و٥ْم ليلاً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(ب) كانت ظروف الأقلمة بالبرودة ـ قبل تعريض النباتات للبرودة القاتلة ـ هى ٢ْم ليلاً ونهاراً، مع ١٤ ساعة فترة ضوئية.

(جـ) كانت النباتات ميتة عقب تعريضها لحرارة حرارة ٢ْم ليلاً ونهاراً لمدة ٢٠ يوماً.

الكرنب

درس Dickson & Stamer (١٩٧٠) الارتباط بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع فى عدد من أصناف الكرنب وكرنب بروكسل. تراوحت نسبة المادة الجافة فى هذه الأصناف من ٦,٥ ـ ١٨٪، وتراوحت درجة توريث تلك الصفة من ٠,٥٠ ـ ٠,٦٠، وكانت نسبة المادة الجافة مرتبطة ـ جوهرياً ـ مع نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية. وقد وجد الباحثان علاقة وثيقة بين

نسبة المادة الجافة والمقاومة للصقيع؛ حيث ازدادت المقاومة كلما ازدادت نسبة المادة الجافة؛ كما هو موضح فى جدول (٦ ـ ٣).

جدول (٦ ـ ٣) : العلاقة بين نسبة المادة الجافة وتحمل الصقيع فى أصناف الكرنب وكرنب بروكسل.

معاملة البرودة	نوع الضرر	متوسط نسبة المادة الجافة (والمدى)	عدد النباتات
ـ ٥ْم	نباتات متجمدة	٧,٤ (٦,٤ ـ ٨,٦)	٦٨
	أضرار بأطراف الأوراق فقط	٨,٥ (٧,٤ ـ ٩,٢)	٩٦
	أضرار بسيطة	٩,١ (٨,٣ ـ ١٠,٢)	٦٤
	لا توجد أضرار	١١,١ (٩,٠ ـ ١٣,٥)	٥٤
ـ ١٠ْم	نباتات متجمدة	٨,٥ (٧,١ ـ ١٠,٢)	٣٣
	نباتات متجمدة جزئياً	٩,٣ (٨,٢ ـ ١١,٣)	١١
	لا توجد أضرار	١٣,٤(١٠,٢ ـ ١٦,٤)	٢٢

المانجو

تتوفر صفة القدرة على تحمل البرودة فى نحو ٣٠ صنفاً من المانجو، ومن بينها: الصنفين لانجرا Langara، وقلب الثور Bullock's Heart، اللذان يتميزان بكبر حجم أشجارهما؛ الأمر الذى قد يوفر لهما درجة أكبر من الحماية من البرودة، ولكن تلك القاعدة لم تنطبق على الصنف الإندونيسى جدونج Gedong. ومن ناحية أخرى.. يعد الصنف ألفونسو Alfonso من أكثر الأصناف حساسية للبرودة (Knight ١٩٧١).

عقد الثمار

الطماطم

كانت بداية التقييم للقدرة على العقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى الأصناف

التجارية، ثم انتقلت الدراسات بعد ذلك إلى سلالات الطماطم غير المحسنة، ثم إلى الأنواع البرية القريبة. ونذكر ـ فيما يلي ـ جانباً من الجهود التى بذلت فى هذا المجال.

قيم Curme (١٩٦٢) عدداً من أصناف الطماطم فى نظام حرارى ٢٣/٧م (نهار/ليل). ووجد اختلافات كبيرة فيما بينها؛ حيث تراوحت نسبة العقد فيها ـ تحت هذه الظروف ـ من ٢ إلى ٦٠٪. وذكر Minges (١٩٧٢) القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ضمن الأصناف: إيرلى نورث Earlinorth، ورد كوشن Red Cushion، ووسكنس تشيف Wisconsin Chief. وفى الهند.. أجرى Nandpuri وآخرون (١٩٧٥) اختباراً تحت الظروف الطبيعية اشتمل على ٢٤ صنفاً، ووجدوا أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو البارد هى: كولد ست Cold Set، وأفلانش Avalanche، وإلاليهين Illalihin.

وفى كندا.. أجرى Kemp (١٩٦٨) تقييما شمل ١٩ صنفاً وسلالة من الطماطم، ووجد أن أكثرها قدرة على الإنبات والنمو والإزهار والعقد فى الحرارة المنخفضة هى الأصناف: كولد ست، وإيرلى نورث، وبونيتا، وأزربدزفسكى Azrbidziviky، والسلالتان: P.I. 205040 ، و P.I. 280597 . كما ذكر Smith & Millett (١٩٦٨) أن السلالة الأخيرة (P.I. 280597) تنتج حبوب لقاح بوفرة فى حرارة ١٠م، وتعقد بصورة جيدة فى نظام حرارى ٢٠/٧م (نهار/ليل).

وفى Montfavet بجنوبى فرنسا.. اختبر Maisonneuve & Philouze (١٩٨٢) ٣١ صنفاً وهجيناً من الطماطم للقدرة على إنتاج حبوب لقاح بوفرة تحت ظروف صوبات غير مدفأة شتاء، وصلت فيها درجة الحرارة إلى أقل من ١٠م لعدة أسابيع، بينما كانت نباتات المقارنة نامية فى صوبة مدفأة. وقد درس الباحثان إنتاج حبوب اللقاح (بالوزن لكل زهرة) وحيويتها (معبراً عنه بنسبة حبوب اللقاح التى تصبغ بالأسيتوكارمن acetocarmine) . وقد وجدا توافقاً عالياً بين ترتيب الأصناف حسب قدرتها على العقد وبين حيوية حبوب اللقاح

التى تنتجها، وكانت أقل الأصناف حساسية للحرارة المنخفضة هى: Espalier، و Precoce، و Apeca، و Apedice، و Montfavet 63-4، و Pinkdeal، و Montfavet 63-5، و Lucy، و Su-permarnamde. وقد تميزت هذه الأصناف بقدرتها - تحت ظروف البرودة - على إنتاج من ٢٠ - ٥٠٪ من حبوب اللقاح التى تنتجها - عادة - مع حيوية لا تقل عن ٧٠٪.

وفى مصر.. اختبر Radwan وآخرون (١٩٨٦) ٤٣ صنفاً وسلالة من الطماطم تحت ظروف الحرارة المنخفضة شتاء، ووجدوا أن أكثرها إنتاجية وقدرة على العقد السلالتان إف إم ٥٢٠٠٩ FM 52009 ، ويوسى ٧٨ دبليو ٢٩ UC 78 W29، والصنف يوسى ٨٢ UC 82. وتتوفر القدرة على العقد فى الجو البارد فى الصنفين الكنديين صب أركتك ماكسى Sub-Arctic Maxi (Harris ١٩٧٥ أ)، وصب أركتك شيرى Sub-Arctic Cherr (Harris ١٩٧٥ ب).

وفى إطار البحث عن مصادر للقدرة على العقد فى درجات حرارة أكثر انخفاضاً.. اتجه الباحثون إلى الأنواع البرية. فقام Patterson وآخرون (١٩٧٨) بدراسة القدرة على النمو والعقد فى درجات الحرارة المنخفضة فى عدد من سلالات النوع L. hirsutum التى تنمو - برياً - على ارتفاعات مختلفة من سطح البحر فى بيرو وإكوادور، ووجدوا أن أكثرها قدرة على تحمل البرودة السلالات التى جمعت من على ارتفاعات عالية فى بيرو .

ويذكر Zamir وآخرون ١٩٨١ أن السلالة LA 1777 من النوع L. hirsutum تعد من أفضل مصادر القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة؛ فهى تنمو وتعقد ثمارها بصورة طبيعية فى الجو البارد، وتنبت حبوب لقاحها بنسبة ١٠٠٪ فى خلال خمسة أيام على حرارة ٥م. وتنمو هذه السلالة فى بيئتها الأصلية فى بيرو على ارتفاع ٣٢٠٠ متر فى جبال الإنديز. كذلك وجدت خاصية القدرة على إنتاج حبوب اللقاح، وإنباتها، وعقد الثمار فى

الحرارة المنخفضة فى ثلاث سلالات أخرى من L. hirsutum هى: LA 1393، و LA 1363، و LA 1366؛ وجميعها تنمو طبيعياً على ارتفاعات كبيرة (عن Patterson ١٩٨٨).

وقد تمكن R. Jones ومعاونوه (Zamir وآخرون ١٩٨١) من إدخال صفة القدرة على العقد الجيد فى الحرارة المنخفضة من السلالة LA 1777 (من النوع البرى L. hirsutum) إلى الطماطم باتباع طريقة انتخاب الجاميطات Gamete Selection. وتعتمد الطريقة - ببساطة - على إجراء التلقيحات الرجعية والذاتية فى برنامج التربية فى درجات حرارة منخفضة؛ حيث لا تنبت وتشارك فى عملية الإخصاب سوى حبوب اللقاح التى تحمل جينات القدرة على إحداث العقد فى هذه الظروف؛ وبذا فهى توفر كثيراً من الوقت والجهد؛ فلو فرض وكانت الصفة التى يُراد نقلها يتحكم فيها ١٢ جيناً.. فإن عدد الجاميطات المختلفة وراثياً التى يمكن - حينئذ - إنتاجها فى الجيل الأول يكون ٢ن = $٢^{١٢}$ = ٤٠٩٦ جاميطة.

ومثل هذا العدد من حبوب اللقاح يمكن وضعه على ميسم زهرة واحدة ؛ حيث لا تنبت منها - فى الحرارة المنخفضة - سوى التى تحمل الجينات المرغوبة فقط، وهى التى تخصب البيضات. أما إن لم تتبع طريقة انتخاب الجاميطات.. فإنه تلزم - فى هذه الحالة - زراعة كل نباتات الجيل الثانى المختلفة وراثياً، وعددها ٤ن = $٤^{١٢}$ = ١٦٧٧٧٢١٦ نباتاً؛ ليمكن انتخاب التركيب الوراثى المرغوب منها، وهو ما يستلزم زراعة نحو ١٠٠ ألف فدان من الطماطم ليمكن التعرف على التركيب الوراثى المرغوب. وقد أوضح الباحثون أنه أمكن مضاعفة عدد الهجن المتحصل عليها من أى تلقيح فى حرارة ١٢/٦ْم (ليل/نهار)؛ بخلط حبوب اللقاح المراد اختبارها مع حبوب لقاح سلالة عادية من الطماطم ليس لها القدرة على الإنبات فى هذه الظروف.

وبالإضافة إلى ما تقدم.. فقد تمكن الباحثون من عزل إنزيمات متماثلة فى نشاطها وتأثيرها - ولكنها مختلفة فى شحنتها الكهربائية - ترتبط مباشرة بالقدرة على العقد فى

درجات الحرارة المنخفضة. ويمكن التعرف على هذه الإنزيمات بسهولة بطريقة الفصل الكهربائى electrophoresis، وهى التى تعرف باسم أيزوزيمات isozymes.

وقد كانت المجموعة الإنزيمية المرتبطة بصفة القدرة على العقد فى الجو البارد وهى الخاصة بإنزيم Phosphogluco isomerase (يكتب اختصاراً: Pgi)؛ حيث عزلت أيزوزيمات ترتبط بحالات الأصالة الوراثية والخلط الوراثى لهذه الصفة. ويستفاد من هذه الأيزوزيمات بزراعة بذور النباتات التى يراد انتخاب المتميزة منها فى صفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة، ثم استعمال جزء صغير من النسيج الورقى لكل منها - وهى فى طور البادرة - فى اختبار الفصل الكهربائى لفصل أيزوزيمات الإنزيم Pgi التى توجد بها؛ وبذا يمكن التعرف على النباتات التى يمكنها العقد فى درجات الحرارة المنخفضة، وهى التى يسمح لها بالنمو بغرض الانتخاب للصفات البستانية المرغوبة، ثم بدء دورة جديدة من التلقيحات الرجعية.

أما عن وراثة صفة القدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة.. فقد ذكر أنها صفة مندلية بسيطة متنحية؛ وذلك اعتماداً على نتائج دراسة استخدم فيها الصنف المقاوم للبرودة إيرلى نورث، والصنف الحساس مارجلوب. هذا.. إلا أنه - تحت ظروف درجات الحرارة المنخفضة شتاء فى مصر (Ibrahim ١٩٨٤) - سلكت صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى مسلك الصفات الكمية، مع سيادة جزئية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف. وكانت درجات التوريث المقدرة لهذه الصفات منخفضة جداً؛ مما يدل على شدة تأثرها بالعوامل البيئية.

الفلفل

من بين أصناف الفلفل التى يمكنها العقد فى الجو البارد نسبياً كل من الصنفين Penn-wonder، و Vinedale. وبالمقارنة.. يعتبر الصنفان Albig و Keystone Resistant Giant قادرين على العقد فى الحرارة العالية نسبياً.

هذا.. ولم يستفد - إلى الآن - من ظاهرة العقد البكرى فى الفلفل فى التغلب على ظاهرة سوء العقد فى الظروف البيئية القاسية برغم توفر هذه الظاهرة فى الفلفل. وقد اكتشفها Curtis & Scarchuk (١٩٤٨)، ووجدا أنها صفة بسيطة ومتنحية.

الفاصوليا

وجد Dickson & Petzoldt (١٩٨٧) أن صفة القدرة على تحمل الحرارة المنخفضة - فى مختلف مراحل النمو - فى الفاصوليا تورّث مستقلة. وقد تمكنا من انتخاب سلالات ذات قدرة على العقد الجيد فى حرارة ١٦ْم من التلقيح NY 590 x BBL 92 .

المانجو

برغم عدم توفر صفة القدرة على تحمل البرودة الشديدة فى المانجو، إلاّ أن الأصناف تختلف فى مدى تأثرها بالحرارة المنخفضة لفترة طويلة خلال مرحلة الإزهار، حيث يتأثر محصول المانجو بشدة - كماً ونوعاً - وتظهر الحالة الفسيولوجية التى يطلق عليها - فى فلوريدا - كرة الجولف golf ball ، أو الخلو من البذور seedlesness ، أو الثمار غير المكتملة النمو nubbins.

وأكثر الأصناف تأثراً بهذه الحالة الصنف هادن Haden الذى يعطى ثماراً بكرية، ويكون عديم القيمة الاقتصادية فى مثل هذه الظروف (Knight ١٩٧١).

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لتحمل الحرارة المنخفضة - بصورة عامة - يراجع كل من: Li & Saki (١٩٧٨) ، و Christiansen (١٩٨٢)، و Marshall (١٩٨٢).

ثانياً : تحمل الحرارة المرتفعة

تقسم النباتات الراقية - من حيث تحملها للحرارة العالية إلى فئتين، هما :

١ - نباتات وسطية Mesophiles :

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكنها تحملها من ٣٥ - ٤٥ْم.

٢ ـ نباتات متوسطة التحمل للحرارة العالية Moderate Thermophiles

يتراوح الحد الأقصى لدرجة الحرارة التى يمكنها تحملها من ٤٥ ـ ٦٠ْم.

هذا .. وتموت غالبية النباتات العشبية لدى تعرضها لحرارة قريبة من ٥٠ْم، بينما يمكن للأنواع الخشبية تحمل حرارة تصل إلى ٦٠ْم لفترات قصيرة.

ويتحدد مدى الضرر الذى يحدث للنباتات بمدة التعرض للحرارة العالية، وبمدى توفر الرطوبة الأرضية، لتأمين معدلات نتح عالية، يمكن أن تعمل على خفض درجة حرارة الأوراق.

ونجد ـ بصورة عامة ـ أن أعضاء التخزين المتشحمة ترتفع درجة حرارتها عن حرارة الهواء المحيط بها، بسبب الحرارة الناتجة من النشاط الأيضى، والتى لا تتسرب منها ـ إلى الجو المحيط بها ـ بسرعة كافية. هذا .. بينما تكون حرارة الأوراق أقل من حرارة الهواء المحيط بها ببضع درجات بسبب النتح. ويستثنى من ذلك الأوراق التى تكون مواجهة تماماً للأشعة الشمسية، حيث قد ترتفع حرارتها بضع درجات عن حرارة الهواء المحيط بها.

طبيعة الأضرار التى تحدثها الحرارة العالية

تقسم الأضرار التى تنشأ عن تعرض النباتات للحرارة العالية إلى ثلاث فئات، كما يلى:

١ ـ أضرار بسيطة نسبياً:

وهى الأضرار التى تترتب على رفع الحرارة العالية لمعدلات كل من النتح والتنفس؛ حيث تؤدى زيادة النتح عن قدرة الجذور على امتصاص الماء من التربة إلى ظهور أضرار الجفاف Drought Injury، بينما تؤدى زيادة معدل التنفس عن معدل البناء الضوئى إلى ظهور أضرار نقص الغذاء Starvation Injury.

وترجع الزيادة الحادة التى تحدث فى معدل النتح ـ عند ارتفاع درجة الحرارة ـ إلى عاملين؛ هما:

أ ـ التأثير المباشر للحرارة على انتشار الماء Diffusion Constant of Water، الذى يزيد بارتفاع الحرارة.

ب ـ زيادة الفارق فى ضغط بخار الماء بين المسافات البينية لأنسجة الورقة والهواء المحيط بها، فنجد ـ مثلاً ـ أن ارتفاع حرارة الورقة بمقدار ٥ْ مئوية عن حرارة الهواء المحيط بها يعادل حدوث انخفاض فى الرطوبة النسبية للهواء المحيط بها بمقدار ٣٠٪.

ونجد تحت ظروف الحقل أن أضرار الجفاف تكون مصاحبة للحرارة العالية إلى درجة يصعب معها فصل تأثير العاملين فى المحصول، حتى مع توفر الرطوبة الأرضية أحياناً.

ومن الطبيعى أن يتوقف النمو النباتى عند ارتفاع الحرارة إلى مستوى يقل عن الحرارة التى تقتله فى الحال. وكلما ازدادت فترة تعرض النباتات لدرجة الحرارة التى يتوقف عندها نموه احتاج إلى فترة أطول ليستعيد نموه الطبيعى بعد عودة الحرارة إلى الاعتدال. ويمكن إظهار الضرر التدريجى الذى يحدث إبّان تعرض النباتات للحرارة العالية بقياس معدل التنفس. فبعد فترة من التعرض للحرارة العالية ينخفض معدل التنفس تدريجيا إلى أن يتوقف تماماً مع انتهاء مخزون الغذاء فى النبات، لأن الحرارة المثلى للتنفس تزيد على تلك التى تناسب البناء الضوئى.

٢ ـ أضرار متوسطة الشدة:

ترجع الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية إلى تأثيراتها المباشرة على المراحل الأيضية الحساسة للحرارة، والتى يترتب عليها نقص فى أحد المركبات الهامة للنبات، أو تراكم مركبات معينة إلى درجة السمية، مثل تراكم الأمونيا فى الحرارة العالية.

كما يدخل ضمن الأضرار المتوسطة الشدة للحرارة العالية كل من: دنترة البروتينات، وسيولة الدهون (وما يترتب عليها من حدوث أضرار بالأغشية الخلوية)، وفقد الأحماض النووية، وخاصة حامض الـ RNA.

٣ ـ أضرار شديدة :

تحدث الأضرار الشديدة نتيجة لحدوث تفاعلات كيميائية معينة فى درجات الحرارة الشديدة الارتفاع، يترتب عليها موت الأعضاء النباتية حتى المنخفضة الرطوبة منها، مثل

البذور. ومن أمثله.. هذه التفاعلات زيادة معدل فقد البروتينات عن معدل تمثيلها؛ الأمر الذى يترتب عليه حدوث فقد فى الإنزيمات، وأضرار بالأغشية الخلوية. وقد يحدث الضرر نتيجة زيادة معدل هدم المركبات الهامة، أو نقص معدل تمثيلها، أو لكلا السببين.

وتتميز الأضرار المباشرة للحرارة العالية عن الأضرار غير المباشرة فى أن ظهورها يمكن أن يحدث بعد فترة قصيرة من التعرض للحرارة العالية. ونجد - على سبيل المثال - أن الـ Q_{10} لدنترة البروتين عالٍ جداً، حيث يتراوح من ٧١ - ١٢٠ لعديد من الأنواع المحصولية.

وسائل حماية النباتات لنفسها من أضرار الحرارة العالية

تقوم النباتات بحماية نفسها من أضرار الحرارة العالية بإحدى وسيلتين، هما :

١ - تفادى أضرار الحرارة Heat Avoidance:

لا يعنى تفادى النبات لأضرار الحرارة العالية أن تكون درجة حرارته أقل من درجة حرارة الهواء المحيط به، وإنما أن يكون النبات قادراً على البقاء فى درجات حرارة لا تتحملها نباتات أخرى، وهو ما يحدث بالوسائل التالية:

أ - العزل الحرارى Insulation:

وهو ما يحدث فى جذوع الأشجار الكبيرة بفعل طبقة القلف السميكة التى توجد فيها.

ب - انخفاض معدل التنفس :

ربما لا يكون هذا العامل مهما فى الأوراق (حيث يكون تأثيره قليلاً جداً مقارنة بالحرارة التى تكتسبها الأوراق من جراء تعرضها للأشعة الشمسية)، ولكنه يكتسب أهمية كبيرة فى أعضاء التخزين الشحمية.

جـ - عدم اكتساب الأوراق الطاقة الضوئية الساقطة عليها:

يتحقق ذلك من خلال ظاهرة الانعكاس Reflectance ، والنفاذية Transmissivity، علما

بأن وجود الشعيرات وغيرها من الزوائد الورقية يزيد من ظاهرة انعكاس الضوء. وتتأثر النفاذية بلون الأوراق وسمكها، حيث تزيد فى الأوراق ذات اللون الأخضر الفاتح والقليلة السمك.

د ـ التبريد بالنتح Transpirational cooling:

يعتقد أن النتح يزيل نحو ٢٣٪ من الحرارة التى يكتسبها النبات خلال فترة منتصف النهار، وتتوقف مدى فاعليته على سرعة الرياح، ودرجة الحرارة، والرطوبة النسبية.

٢ ـ تحمل الحرارة Heat Tolerance:

يتحمل النبات الحرارة العالية لأسباب قد يكون منها: زيادة معدل البناء الضوئى، ونقص معدل التنفس، وعدم تراكم السموم أو إبطال مفعولها، ووجود بعض المركبات الهامة بتركيزات عالية؛ فلا يترتب على نقصها قليلاً ـ بفعل الحرارة العالية ـ تأثيرات ضارة على النبات. كما قد يحدث التحمل للحرارة العالية نتيجة زيادة ثبات البروتينات تحت هذه الظروف، أو سرعة عودتها إلى حالتها الطبيعية إذا ما حدثت لها دنترة جزئية.

الأساس الفسيولوجى لتحمل الحرارة العالية

تُظهر بعض الأنواع النباتية تحملاً كبيراً للحرارة العالية من خلال ظواهر فسيولوجية محددة، لعل أبرزها أيض حامض الكراسيولاسيان Crassulacean Acid Metabolism (تكتب اختصارا: CAM). ففى هذه الحالة (حالة الـ CAM) تغلق الثغور فى أشد ساعات النهار حرارة. كما أن النباتات ذات مسار البناء الضوئى C_4 أكثر تحملاً للحرارة العالية عن النباتات ذى المسار C_3؛ لأن الأولى أكثر كفاءة فى الاستفادة من التركيزات المنخفضة لغاز ثانى أكسيد الكربون فى المسافات البينية للخلايا. كذلك تتوفر بين النباتات الـ C_4 ـ التى تتباين فى تحملها للحرارة العالية ـ اختلافات فى مدى ثبات إنزيم RuBP carboxylase فى ظروف الحرارة العالية، وفى كفاءة تمثيل الغذاء المجهز بها، وانتقاله إلى الأعضاء الأكثر تأثرا بالحرارة العالية.

١ ـ أيض حامض الكراسيولاسيان CAM :

يتميز الـ CAM بحدوث تغيرات يومية فى محتوى الأحماض العضوية، يقابلها تغيرات عكسية فى المواد الكربوهيدراتية؛ فنجد أن حامض الماليك يتراكم تدريجيا أثناء الظلام، بينما تختفى المواد الكربوهيدراتية. ويعقب ذلك ـ خلال فترة الضوء التالية ـ اختفاء حامض الماليك وظهور المواد الكربوهيدراتية نتيجة لتمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون ـ الناتج من حامض الماليك ـ بواسطة النباتات ذات المسار الأيضى C_3 . وعليه.. فإن الـ CAM يعرف بأنه «تدفق الكربون» Carbon Flow من خلال حامض الماليك المتكون فى الظلام، حيث يصبح حامض الماليك هو مصدر الكربون لتمثيل غاز ثانى أكسيد الكربون فى عملية البناء الضوئى.

كذلك يتميز الـ CAM بأن الثغور تفتح ليلاً وتغلق نهاراً، وبذا.. فإن غاز ثانى أكسيد الكربون الخارجى يخزن فى حامض الماليك ليلاً، ثم يستعمل فى البناء الضوئى فى النباتات ذات المسار C_3 خلال النهار التالى.

وأخيراً .. فإن النباتات التى يحدث فيها الـ CAM تتميز أيضاً بكونها عصيرية، وباحتواء أوراقها وسيقانها على عدة طبقات من الهيبودرمز hypoderms التى تحيط بخلايا برانشيمية كبيرة تحتوى على بلاستيدات خضراء، ويوجد فيها فجوات كبيرة لخزن الماء، وكمية صغيرة من السيتوبلازم المحيط بتلك الفجوات. ويعتقد أن الـ CAM يحدث فى هذه الخلايا، وأن الفجوات الكبيرة التى توجد بها هى لتخزين حامض الماليك.

ونظراً لانغلاق الثغور أثناء النهار فى النباتات التى يحدث فيها الـ CAM.. فإن حصة النتح Transpiration Ration (وهى نسبة وزن الماء المفقود بالنتح إلى وزن الكربون المكتسب بالبناء الضوئى) تكون منخفضة فيها، حيث تتراوح من ٤٠ ـ ٧٢، مقارنة بنحو ١٠٠ ـ ٣٠٠ فى النباتات ذات المسار C_4، وأكثر من ٥٠٠ فى النباتات ذات المسار C_3 التى لا يحدث فيها الـ CAM.

٢ ـ البناء الضوئى ذو المسار C_4:

للمسار البنائى C_4 مميزات خاصة فى ظروف الحرارة العالية والجفاف - مقارنة بالمسار C_3 - فهو يفيد فى تركيز غاز ثانى أكسيد الكربون فى خلايا الحزم؛ الأمر الذى يسمح باستمرار دورة كالفن Calvin Cycle فى ظروف أفضل بالنسبة لتركيز غاز ثانى أكسيد الكربون المُحدّد لمعدل البناء الضوئى أثناء ارتفاع درجات الحرارة.

ويرغم أن هذه الخاصية التى توجد فى النباتات الـ C_4 تزداد أهميتها للنبات مع ارتفاع درجة الحرارة - وخاصة عندما يكون هذا الارتفاع مصاحباً بزيادة فى شدة الإضاءة - إلاّ أنه تقل أهميتها فى الحرارة المنخفضة، وتنعدم تماماً فى الإضاءة الضعيفة. ومع ذلك فلا تعرف أية مساوئ للمسار الأيضى C_4.

ويعرف المسار الأيضى C_4 فى عديد من العائلات النباتية، كما يوجد كلا المسارين - الـC_3 والـC_4 - فى عدد من الأجناس، مثل الجنس Atriplex . وبالتهجين بين نوعين تابعين له، هما: A. rosa ذو المسار C_4، و A. triangularis ذو المسار C_3 كان الجيل الأول وسطاً بينهما فيما يتعلق بخصائص ونشاط الإنزيمات المسئولة عن البناء الضوئى. ويرغم أن عدد الجينات التى تتحكم فى كل مكون من مكونات المسار البنائى قليل، إلاّ أن الصفة نفسها تبدو كمية ومعقدة.

٣ - التباين فى ثبات إنزيم RuBPcase فى الحرارة العالية :

إن الإنزيم الرئيسى فى عملية البناء الضوئى فى النباتات ذات المسار C_3 هو ribulose bisphosphate carboxylase (اختصاراً: RuBPcase)، وهو إنزيم حساس للحرارة العالية. وتوضح الدراسات التى أُجريت فى هذا الشأن وجود اختلافات وراثية فى مدى ثباتّ هذا الإنزيم بين الأصناف التى تختلف فى مدى تحملها للحرارة العالية.

فمثلاً.. تعقد ثمار صنف الطماطم سالادت Saladette فى الحرارة العالية نسبياً، بينما لا يحدث ذلك فى الصنف الحساس روما Roma، وقد أُرجع ذلك - جزئياً - إلى اختلاف الصنفين فى مدى تأثر البناء الضوئى فيهما بالحرارة العالية، حيث كان الصنف سالادت

أقل تأثرا. وبمقارنة نشاط إنزيم RuBPcase فيهما.. وجد أن تعريض الإنزيم خارج النبات(in vitro) لحرارة ٥٠ْم لمدة ساعة خفض نشاطه بمقدار ٧٥٪ فى الصنف روما، بينما لم يكن للمعاملة أية تأثيرات على نشاطه فى الصنف سالادت.

٤ ـ التباين فى كفاءة انتقال الغذاء المجهز إلى الأعضاء النباتية الأكثر تأثراً بالحرارة العالية :

تلعب القدرة على نقل الغذاء المجهز ـ بكفاءة عالية ـ تحت ظروف الحرارة العالية دوراً هاماً فى النباتات التى تزرع ثمارها أو بذورها. فمن المعروف أن سقوط الأزهار والثمار الحديثة العقد يعد أمراً شائع الحدوث فى درجات الحرارة العالية، وتلزم زيادة كفاءة انتقال الغذاء من أماكن تصنيعه بالأوراق إلى تلك الأعضاء النباتية لتجنب سقوطها؛ نظراً لزيادة معدل التنفس؛ ومن ثم زيادة استهلاك المواد الكربوهيدراتية أثناء ارتفاع درجة الحرارة.

ولقد وجد أن صنف الطماطم سالاديت ـ الأكثر قدرة على العقد فى الحرارة العالية فى الصنف الحساس روما ـ أكثر كفاءة فى نقل الغذاء المجهز من الأوراق إلى الأزهار والثمار الحديثة العقد أثناء ارتفاع درجة الحرارة. وتتوفر أدلة على أن هذا التحسن فى كفاءة انتقال الغذاء المجهز فى الصنف سالاديت مرده إلى زيادة سرعة تحلل السكروز المتوفر بأوراقه إلى فركتوز وجلوكوز، حيث ارتبط معدل انتقال المواد الكربوهيدراتية بقوة بنسبة السكروز: الفركتوز والجلوكوز. كذلك نقص محتوى الأوراق من النشا ـ فى هذا الصنف ـ بسرعة كبيرة فى الحرارة العالية مقارنة بالصنف روما، مما يدل على أن الغذاء المجهز ينتقل ـ فى الصنف سالاديت ـ بمعدلات عالية من أماكن تصنيعه إلى حيث تحتاج إليه الأزهار ـ والثمار الحديثة العقد خلال فترات ارتفاع درجات الحرارة.

ويرتبط بهذا الأمر ـ كذلك ـ ما وجد من بطء تكوُّن الكالوس فى الأنابيب الغربالية للصنف سالاديت ـ خلال فترات ارتفاع الحرارة ـ مقارنة بما يحدث فى الصنف روما الحساس للحرارة.

٥ ـ التباين فى استجابة إنزيم Nitrate Reductase للحرارة العالية:

أوضحت دراسة أجريت على ثلاث سلالات من الذرة مرباة تربية داخلية وحساسة للحرارة العالية، وثلاث أخرى أكثر تحملاً للحرارة وجود اختلافات بينها فى نشاط كل من إنزيمى Nitrate Reductase ، و Nitrite Reductase ، حيث لم يثبط نشاط إنزيم الـ Nitrate Reductase فى السلالات المتحملة للحرارة، وفى إحدى السلالات الحساسة ـ لدى تعريضها لحرارة ٤٠ ـ ٤٥ْم ـ مقارنة بالسلالتين الحساستين الأخريين (عن Stevens ١٩٨١).

طرق التقييم لتحمل الحرارة العالية

يصعب كثيرا التحكم فى درجة الحرارة تحت ظروف الحقل، كما لا يمكن ـ غالباً ـ فصل تأثير الحرارة العالية عن تأثير الجفاف فى تلك الظروف الطبيعية؛ ولذا .. فإن محاولة إجراء التقييم لتحمل الحرارة العالية تحت ظروف الحقل لا تكون مجدية فى معظم الحالات، ويتعين ـ غالباً ـ إما إجراء اختبار التقييم تحت ظروف متحكم فيها فى البيوت المحمية، وإما الاعتماد على الاختبارات المعملية غير المباشرة، مثل:

١ ـ قياس درجة التسرب الأيونى (بقياس الزيادة فى درجة التوصيل الكهربائى) بعد تعريض أجزاء من ورقة النبات تؤخذ بثاقبة الفلين (leaf discs) للمعاملة الحرارية العالية:

يعد هذا الاختبار سهلاً وسريعاً، وهو يرتبط باستجابة عمليات حيوية نباتية أخرى للحرارة العالية (مثل: مقاومة البروتينات الذائبة والإنزيمات للدنترة، وثبات البناء الضوئى فى الأوراق الكاملة)، وكذلك باستجابة النباتات الكاملة لدرجات الحرارة العالية تحت ظروف الحقل.

وقد استخدم هذا الاختبار ـ بنجاح ـ فى تقييم أصناف وسلالات فول الصويا والسورجم للحرارة العالية، حيث أفاد فى التمييز بينها، ولكنه لا يفيد كثيراً عند الرغبة فى إجراء الانتخاب فى الأجيال الانعزالية؛ لأنه ـ أى الاختبار ـ يُجرى على عدة leaf discs من عدة نباتات تُمثل العشيرة التى يُراد اختبارها؛ الأمر الذى لا يمكن تحقيقه فى الأجيال الانعزالية التى تمثلها نباتات مفردة.

٢ ـ قياس مدى تأثر الحركة الدورانية للسيتوبلازم بالحرارة العالية.

٣ ـ قياس مدى تأثر معدل البناء الضوئى بمعاملة التعريض للحرارة، ويتم تقدير ذلك على الأوراق المفردة ـ غير المفصولة عن النبات ـ باستعمال أجهزة خاصة يسهل نقلها واستعمالها فى الحقل (عن Marshall ١٩٨٢).

جهود التربية لتحمل الحرارة العالية

لقد وجدت اختلافات وراثية فى القدرة على تحمل الحرارة العالية بين أصناف عديد من المحاصيل، منها: السورجم، والذرة، وفول الصويا، والشوفان، وغيرها. وكان التقييم فى معظم الحالات يرتبط بالقدرة الإنتاجية العالية تحت ظروف الحرارة العالية، وهو الهدف النهائى من التربية فى هذا المجال. ولكن تحقيق تقدم مستمر فى هذا الأمر يتطلب دراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الحرارة العالية، ليمكن الجمع بين مصادر الصفة ـ التى تختلف فى أساسها الفسيولوجى ـ فى تركيب وراثى واحد.

ونستعرض ـ فيما يلى ـ الجهود التى أجريت فى مجال التربية لتحمل الحرارة المرتفعة ـ فى عدد من المحاصيل الزراعية ـ سواء ما يتعلق منها بطرق التقييم المستخدمة، أم بالأساس الفسيولوجى للصفة، أم بمصادرها، أم بوراثتها. ونقدم هذا العرض ـ كما سبق أن قدمناه بالنسبة لجهود التربية لتحمل الحرارة المنخفضة ـ فى المجالات الثلاثة لهذا الموضوع، وهى: إنبات البذور، ونمو النباتات، وعقد الثمار.

إنبات البذور

الطماطم

تختلف أصناف وسلالات الطماطم فى قدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ كما يوجد ارتباط بين القدرة على الإنبات فى كل من درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة. وتتضح هاتان الحقيقتان فى جدول (٦ ـ ٤)، الذى يبين استجابة ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم لمعاملة الإنبات على حرارة ٣٥°م لمدة خمسة أيام. علما بأن ثمانى من

هذه السلالات كانت تعرف سلفاً ـ بقدرتها على الإنبات فى الحرارة المنخفضة. ويتضح من نتائج هذه الدراسة أن سبعاً من هذه السلالات كانت ـ كذلك ـ قادرة على الإنبات فى درجة الحرارة المرتفعة (Berry ١٩٦٩). ويمكن أن يضاف إلى هذه القائمة السلالة P.I. 341984 التى تتميز بالقدرة على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة على حد سواء (عنKaname وآخرين ١٩٦٩).

جدول (٦ ـ ٤) : تأثير معاملة استنبات البنور لمدة خمسة أيام على حرارة ٢٥°م على بعض أنواع وسلالات الطماطم، التى تتفاوت فى قدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

الصنف أو السلالة(١)	الإنبات (٪) (٢)
U.A.I. 67-17-1 (*)	٨٥ أ
U.A.I. 67-15-1 (*)	٦٨ ب
U.A-I. 67-26-1 (*)	٥٤ ب
Fireball	٤٨ ب
P.I. 174261 (*)	٤٦ ب جـ
U.A.I. 67-18-1 (*)	٤٦ ب جـ
Cold Set (*)	٤٥ ب جـ
P.I. 263713 (*)	٣٣ د
Heinz 1350 (*)	صفر هـ
Campbell	صفر هـ
Early Fireball	صفر هـ

(١) تعرف السلالات المميزة بعلامة (*) بقدرتها على الإنبات فى درجات الحرارة المنخفضة.

(٢) السلالات التى تشترك فى أحد الحروف الأبجدية لا تختلف عن بعضها فى نسبة الإنبات.

وفى دراسة أخرى على ١١ صنفاً وسلالة من الطماطم.. درس Coons وآخرون (١٩٨٩) تأثير معاملة استنبات البذور على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٢٥، أو ٣٠، أو ٣٥، أو ٤٠°م، أو درجة حرارة متغيرة كل ١٢ ساعة بنظام حرارى ٤٠/٢٥، أو ٤٠/٣٠، أو ٤٠/٣٥°م. وقد وجد الباحثون أن أفضل إنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م كان فى السلالات Nema 1200 ، و P28693 ، و UC-28-L، بينما كان أفضل إنبات على درجة حرارة متغيرة بنظام ٤٠/٣٥°م فى السلالات P28693، و P28793، و UC82-L . وقد تحسن إنبات بذور مختلف السلالات كثيرا لمجرد خفض درجة الحرارة بمقدار ١٠ أو ٥°م لمدة ١٢ ساعة كل ٢٤ ساعة، مقارنة بالإنبات على حرارة ثابتة مقدارها ٤٠°م.

الفلفل

تتفاوت أصناف الفلفل التجارية التابعة للنوع C. annuum فى قدرة بذورها على الإنبات فى درجات الحرارة المرتفعة؛ فقد وجدت Coons وآخرون (١٩٨٩) أن أصناف الفلفل تتباين فى هذه الخاصية عندما يكون الإنبات على درجة حرارة ثابتة مقدارها ٣٥°م، وكان أكثرها قدرة على الإنبات عند هذه الدرجة الصنفين Mercury وYolo Wonder B ، وبالمقارنة.. فإن إنبات جميع الأصناف كان جيداً على درجتى الحرارة ٢٥، و٣٥°م، وسيئاً عند درجة ٤٠°م، بينما كان إنبات جميع الأصناف وسطاً عند درجة حرارة متغيرة مقدارها ٤٠°م/٢٥°م (نهار/ليل)، وانخفض - تدريجياً - بارتفاع حرارة الليل إلى ٣٠ و٣٥°م. وقد أوضحت اختبارات التترازوليم Tetrazolium Tests أن نسبة عالية من البذور التى لم تنبت فى الحرارة العالية (٤٠°م) كانت حيويتها مازالت عالية بعد انتهاء الاختبار.

النمو النباتى

البطاطس

قيم Reynolds & Ewing (١٩٨٩) ١١٩ سلالة - تنتمى إلى ٥٩ نوعاً تكون درنات من الجنس Solanum لتحمل الحرارة العالية Heat Tolerance. درست فى البداية قدرة السلالات

على تكوين نمو خضرى قوى فى حرارة ٣٠ ـ ٤٠ْم مع تعريضها لفترة ضوئية طويلة مدتها ١٨ ساعة يومياً لمنع تكوين الدرنات. وتلا ذلك اختبار السلالات التى أعطت نمواً خضرياً قوياً تحت هذه الظروف للقدرة على إنتاج الدرنات فى نفس ظروف الحرارة العالية (٣٠ ـ ٤٠ْم)، ولكن مع تعريضها لفترة إضاءة قصيرة. وبرغم تباين السلالات فى إنتاجها للدرنات تحت هذه الظروف.. فإن عدداً قليلاً منها ـ ينتمى لأنواع قليلة ـ أنتج درنات بانتظام فى حرارة ٣٠ ـ ٤٠ْم.

الكرنب الصينى

يقصد بالقدرة على تحمل درجات الحرارة المرتفعة فى الكرنب الصينى إمكان إنتاج رؤوس مندمجة فى ظروف لا يقل فيها متوسط درجة الحرارة الشهرى عن ٢٥ْم. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن القدرة على تحمل درجات الحرارة العالية ـ فى الكرنب الصينى ـ صفة مندلية بسيطة ومتنحية (Opena & Lo ١٩٧٩). كما وجد ارتباط بين القدرة على تحمل الحرارة العالية والقابلية للتعرض للإزهار المبكر (Ryder ١٩٧٩).

إن تكوين الرؤوس يبدأ بين مرحلتى نمو الورقتين الحقيقيتين الثامنة والعاشرة إذا كانت الحرارة منخفضة (أقل من ٢٥ْم)، أو إذا كانت الأصناف مقاومة للحرارة. وتتكون الرؤوس نتيجة للاستمرار فى تكوين أوراق جديدة، ويعد احتفاظ الأوراق بنضارتها وامتلاء خلاياها بالرطوبة (leaf turgidity) شرطاً أساسياً لتكوين الرؤوس. وبينما يفقد هذا الشرط فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية.. فإن الأصناف المقاومة تبقى أوراقها نضرة تحت تلك الظروف؛ ويرجع ذلك إلى تميز تلك الأصناف بما يلى :

أ ـ زيادة امتصاصها للماء عند بداية تكوينها للرؤوس.

ب ـ زيادة سمك أوراقها.

جـ ـ زيادة درجة التوصيل الكهربائى لعصيرها الخلوى بالأوراق.

د ـ زيادة محتوى أوراقها من الكلوروفيل.

هـ ـ نقص عدد الثغور بأوراقها.

ويبدو أن العوامل السابقة تزيد من توصيل الماء إلى الأوراق واحتفاظها به فى الحرارة العالية (Kuo وآخرون ١٩٨٨).

الخوخ

تعد احتياجات البرودة فى الخوخ من أهم الصفات فى المناطق ذات الشتاء المعتدل البرودة؛ لأنها الفترة التى يجب أن تتعرض لها النباتات لدرجة حرارة أقل من حد معين لكى تتهيأ براعمها للنمو الطبيعى بعد فترة الراحة شتاء. ويتحدد ذلك ـ عادة ـ بعدد الساعات التى يجب أن تتعرض لها الأشجار فى حرارة أقل من ٤٥ْف (٧,٢ْم) خلال الفترة من أول نوفمبر إلى منتصف فبراير. ويختلف التحديد الدقيق لتلك الفترة باختلاف منطقة الزراعة.

ويؤدى عدم حصول النباتات على حاجتها من البرودة إلى ما يلى :

١ ـ تأخير ظهور الأوراق، وظهورها بشكل غير منتظم.

٢ ـ تشوه وعقم الأزهار، وسقوط البراعم الزهرية.

٣ ـ نقص المحصول، وضعف نمو الأشجار إذا تأخر التوريق كثيراً.

وتتأثر استجابة النباتات لفترة التعرض للحرارة المنخفضة بعديد من العوامل، منها ما يلى:

١ ـ تناوب فترات من الحرارة المرتفعة مع الحرارة المنخفضة؛ الأمر الذى يضعف تأثير الحرارة المنخفضة.

٢ ـ شدة الضوء والفترة الضوئية:

فتحتاج البراعم ـ التى تتكون على الأفرخ التى تنمو متأخرة فى الخريف ـ إلى قدر أكبر من البرودة لكسر سكونها عن تلك التى تتكون على الأفرخ التى يكتمل تكوينها عند بداية فترة التعرض للبرودة.

وقد أمكن إنتاج أصناف من الخوخ ذات احتياجات منخفضة من البرودة، وتصلح للزراعة فى المناطق الاستوائية، وشبه الاستوائية، ومن أمثلتها: Early Amber، و Florida-sun، و Floridabelle، و Floridawon، و Red Cylon، وSaharanbur (الحمادى ١٩٧٣).

وتظهر صفة احتياجات البرودة فى الجيل الأول فى حالة وسطية بين الآباء، ويكون لها توزيع مستمر فى الجيل الثانى، تظهر فيه كل الأشكال المظهرية (احتياجات البرودة)، بما فى ذلك الأشكال المظهرية للأبوين (Bowen ١٩٧١).

البلوبرى

أمكن إنتاج أصناف من البلوبرى blue berry ذات احتياجات منخفضة من البرودة، مع احتفاظها بنوعية جيدة. وتنتج بعض هذه الأصناف ثماراً جيدة فى ولاية فلوريدا الأمريكية؛ حيث يتراوح متوسط درجة الحرارة فيها - خلال أشد شهور السنة برودة - حوالى ١٤,٥°م، ولا تحصل النباتات فيها على أكثر من ٣٠٠ - ٤٠٠ ساعة فى حرارة أقل من ٧,٢°م (Sharp & Sherman ١٩٧١).

عقد الثمار الطبيعى

إن العمليات الضرورية لعقد الثمار هى :

١ - إنتاج حبوب لقاح خصبة.

٢ - انتقال حبوب اللقاح إلى الميسم.

٣ - إنبات حبة اللقاح، ونمو الأنبوبة اللقاحية فى قلم الزهرة.

٤ - إندماج نواة ذكرية مع بويضة خصبة.

ولا يعنى الإخصاب تأمين بقاء الزهرة الحديثة العقد من السقوط؛ فلو استمرت الحرارة عالية لفترة تكفى لحدوث حالة عدم توازن فى الكربوهيدرات فى الثمرة العاقدة حديثا.. لأدى ذلك إلى سقوطها، ومع ذلك.. فإن أكثر مراحل العقد تأثراً بالحرارة العالية هى إنتاج حبوب اللقاح الخصبة، وانتقالها إلى الميسم.

ومن أهم المحاصيل التى أجريت عليها دراسات التربية للقدرة على عقد الثمار فى الحرارة العاليه ما يلى :

الطماطم

حظيت التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المرتفعة باهتمام كبير من قبل مربى الطماطم ولكن - على خلاف التربية لتحسين العقد فى درجات الحرارة المنخفضة - فإن معظم الجهود محصورة داخل نوع الطماطم L. esculentum. ونعرض فيما يلى لأبرز تلك الجهود.

درس Schaible (١٩٦٢) الاختلافات بين أصناف الطماطم فى قدرتها على العقد فى ظروف الحرارة المرتفعة، بلغت فيها درجة الحرارة ليلاً ٢٧°م، ووجد أن أكثر الأصناف تحملاً هى: Porter، و Narcarlang. وأوضح Doolittle وآخرون (١٩٦١) أن الأصناف ذات الثمار الصغيرة الحجم تعد أكثر قدرة على العقد فى الجو الحار. وذكروا من أمثلتها Summer Set، و Hot Set، و Summer Prolific، و Porter.

وبالرجوع إلى Minges (١٩٧٢).. أمكن استخلاص القائمة التالية من أصناف الطماطم التى ذكرت عنها القدرة على العقد فى الحرارة العالية كواحدة من أبرز صفاتها :

Golden Marglobe	Early Summer Sunrise
Mozark	Lousiana All - Seasons
Rearl Harbor	Ohio WR Brookston
Red Global	Red Cloud
Spartan Red 8	Sioux
Summer Sunrise	State Fair
Summer Prolific	Summer Sunset
VF14	Texto NO.1

وفى اختبار شمل سبعة أصناف.. كان الصنف Hot Set أكثرها قدرة على تحمل الحرارة العالية؛ حيث بلغت نسبة عقد الثمار به ٧٧٪ تحت هذه الظروف (Levy وآخرون ١٩٧٨). كما أوضحت دراسات Shelby وآخرين (١٩٧٨) قدرة الأصناف AU 165، و Nag-carlang، و Porter، و Saladette الجيدة على العقد فى الحرارة العالية.

وفى الهند.. أُجرى تقييم تحت الظروف الطبيعية شمل ٤٢ صنفاً، وتبين منه أن أكثر الأصناف قدرة على العقد فى الجو الحار هى: Avalanche، و Tropic Punjab، و Marzano P4 (Nandpuri وآخرون ١٩٧٥).

وقد أوضحت دراسات Rudich وآخرين (١٩٧٧) أن نسبة العقد فى ظروف ٣٩/٢٢ْم (نهار/ليل) بلغت ٥٦٪ – ٦٠٪ فى الصنف سالاديت Saladette، بينما تراوحت من صفر إلى ٢٢٪ فى الأصناف الحساسة للحرارة العالية. يتميز هذا الصنف ـ الذى أنتجه Leeper P.W. فى تكساس ـ بنموه الخضرى المحدود، وثماره الصغيرة القليلة البذور.

وفى لويزيانا.. اختبرت ستة أصناف وسلالات من الطماطم (هى L401، و S6916، و BL6807، و Saladette، و Chico III، و P.I. 262934، و Floradel)، ووجد أن نسبة العقد تراوحت ـ تحت ظروف الحرارة المرتفعة ـ من ١٪ فى السلالة L401 إلى ٥٠٪ فى السلالة BL 6807؛ أما فى الجو المعتدل أثناء الربيع.. فقد بلغت نسبة العقد ٧٨٪، و٩٣٪ فى نفس هاتين السلالتين على التوالى (Hanna & Hernandez ١٩٨٢).

وفى مصر.. قيمت ١٠٥ من سلالات وأصناف الطماطم تحت ظروف درجات الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية)، ووجد أن أكثر الأصناف إنتاجية وقدرة على العقد فى هذه الظروف هى: Peto 81، وUC82 ، و Punjab Chuhara، و Peto 86، كما كانت سلالتا التربية 78 W37-S-1، و S-78-296-2، والصنف Saladette من أفضل المصادر الوراثية لصفة القدرة على العقد فى هذه الظروف (Radwan وآخرون ١٩٨٦ب).

هذا.. وقد أجريت أكبر دراسة على تقييم الطماطم للعقد فى الحرارة المرتفعة فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر. وقد قيم فى هذه الدراسة ٤٠٥٠ صنفاً وسلالة من

الطماطم والأنواع الأخرى القريبة من النوع Lycopersicon، ووجد أن ٣٨ سلالة فقط (أى أقل من ١٪ من السلالات المختبرة) كانت ذات قدرة على العقد فى الحرارة العالية، واشتملت على ٣٠ سلالة من نوع الطماطم L. esculentum، و٧ سلالات من النوع L. pimpi-nellifolium ، وسلالة واحدة من الهجين النوعى بينهما. كانت جميع هذه السلالات ذات ثمار صغيرة أو متوسطة الحجم، ويرجع موطنها إلى ١٥ بلداً مختلفاً، أى إنها تختلف فى المنشأ (Villareal وآخرون ١٩٧٨، و Villareal & Lai ١٩٧٩).

وفيما يتعلق بالوسائل التى اتبعها الباحثون لتقييم القدرة على العقد فى الحرارة العالية.. تمكن Stoner & Otto (١٩٧٥) من انتخاب النباتات المرغوبة فى صوبات تراوحت فيها درجة الحرارة العظمى من ٢٦ ـ ٣٧ْم خلال فترة الاختبار، مقارنة بأصناف تتوفر بها تلك الصفة. ففى هذه الظروف.. لم تتعد نسبة العقد ١٠٪ فى الأصناف الحساسة، بينما بلغت ٣٢٪ فى الصنف Red Rock، و٦١٪ فى C28، و٧٤٪ فى Merit، و ٩٢٪ فى Chico III، و وهى الأصناف التى استخدمت للمقارنة.

أما Tarakanov وآخرون (١٩٧٨).. فيذكرون أن جمع حبوب اللقاح وتعريضها لحرارة ٤٠ ـ ٤٥ْم لمدة ٦ ساعات كان كفيلاً بقتل حبوب اللقاح الحساسة. وقد أدى استخدام حبوب اللقاح التى عرضت لهذه المعاملة فى التهجينات إلى تحسين نسبة العقد فى النسل.

وقد قدر Weaver & Timm (١٩٨٩) نسبة عقد الثمار، ونسبة حبوب اللقاح ونموها فى عدة أصناف وسلالات منتخبة من الطماطم بعد تعريضها لحرارة ٤٠ْم لمدة ٦٠ دقيقة، ووجدا أن كلا من إنبات حبوب اللقاح ونمو الأنابيب اللقاحية يرتبط إيجابياً ـ بصورة جوهرية ـ جداً بنسبة عقد الثمار، وكان معامل الارتباط (r) هو ٠,٩٨٨، و٠,٨١٥ للصفتين على التوالى.

وقد أمكنهما ـ برفع درجة الحرارة التى عرضت لها الأزهار من ٤٠ إلى ٤٨ْم ـ زيادة القدرة على التمييز بين التراكيب الوراثية الحساسة والمقاومة لزيادة الفارق بينهما فى حيوية حبوب اللقاح تحت هذه الظروف.

تعزى القدرة على العقد - فى الحرارة العالية - إلى أسباب كثيرة متباينة فى مختلف السلالات، منها ما يلى (عن Rudich وآخرين ١٩٧٧، و Levy وآخرين ١٩٧٨ ، وKuo وآخرين ١٩٧٩ ، و Stevens & Rick ١٩٨٦):

١ - نقص مستوى المواد الكربوهيدارتية فى النبات؛ لضعف البناء الضوئى بسبب تأثر إنزيم RuBPcase؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٢ - عدم انتقال المواد الكربوهيدارتية بكفاءة فى النبات؛ بسبب امتلاء الأنابيب الغربالية بالكالوس؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette أيضاً.

٣ - قلة تكوين الأزهار؛ بسبب سوء توزيع التمثيل البنائى؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى السلالة BL6807.

٤ - ضعف إنتاج حبوب اللقاح، واختلال عملية تكوينها.

٥ - عدم انتثار حبوب اللقلح بسبب عدم انشقاق المتوك؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Saladette.

٦ - ضعف حيوية وإنبات حبوب اللقاح، وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Nagcarlan.

٧ - ضعف حيوية البويضات؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنف Malintka 101 .

٨ - بروز الميسم من الأنبوبة السدائية؛ وتتوفر المقاومة لتلك الحالة فى الصنفين Sala-dette، و VF36.

٩ - جفاف المياسم، وتلونها باللون البنى.

ولمزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا العقد فى الطماطم فى الحرارة العالية.. يراجع حسن (١٩٨٨).

ونالت وراثة القدرة على العقد فى الحرارة العالية حظاً وافراً من الدراسة، إلا أن نتائج هذه الدراسات كانت متباينة، وهو ما قد يمكن إرجاعه إلى اختلاف الأصناف المستخدمة فى

تلك الدراسة، وبالتالى اختلاف الصفات المسئولة عن القدرة على تحمل الحرارة العالية فى كل منها. كما أن لطريقة الاختبار ذاتها أثرها البالغ فى النتائج. ونعرض - فيما يلى - لبعض هذه الدراسات.

أوضحت الدراسات الوراثية على سلالة الطماطم AU160 ذات القدرة على العقد فى الحرارة العالية - والصنف Floradel - الذى لا يعقد فى هذه الظروف - أن تلك الصفة سائدة جزئياً، وذات درجة توريث منخفضة قدرت بنحو ٥٤٪ على النطاق العريض، وبنحو ٨٪ على النطاق الضيق (Shelby وآخرون ١٩٧٥، ١٩٧٨). وتوصل Villareal & Lai (١٩٧٩) إلى أن تلك الصفة معقدة. وقد بدا أن الجينات المسئولة عنها تتأثر بشدة بالعوامل البيئية (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦).

وقد أجرى El-Ahmadi & Stevens (١٩٧٩) دراسة موسعة تضمنت تلقيحات دياليل كامل بين ستة أصناف وسلالات من الطماطم. منها صنف حساس للحرارة المرتفعة وخمسة ذات قدرة على العقد فى الحرارة العالية لأسباب متباينة (أى إنها تختلف فى طبيعة قدرتها على العقد تحت تلك الظروف)، هى: عدد الأزهار فى العنقود، ونسبة العقد، وعدد البذور فى الثمرة، ومدى بروز ميسم الزهرة من الأنبوبة السدائية. وقد توصل الباحثان إلى النتائج التالية:

١ - فى درجات الحرارة المعتدلة والعالية.. كانت صفة عدد الأزهار بالعنقود مرتبطة بجينات متنحية، وكانت درجة توريث هذه الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٦٪.

٢ - فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة عقد الثمار جينات ذات تأثير إضافى أساساً، وكانت درجة توريث هذه الصفة متوسطة؛ حيث قدرت بنحو ٥٢٪.

٣ - فى الحرارة المعتدلة والعالية.. تحددت صفة عقد البذور (معبراً عنها بعدد البذور فى الثمرة، وهى مقياس لخصوبة الجاميطات) بتفاعلات بين جينات غير آليلية، وكانت مكونات التباين الوراثى سائدة أساساً، ودرجة توريث الصفة منخفضة؛ حيث قدرت بنحو ٣٠٪.

٤ ـ فى الحرارة العالية.. تتحكم فى صفة بروز الميسم من الأنبوبة السدائية جينات سائدة جزئياً وذات تأثير إضافى، وكانت درجة توريث الصفة مرتفعة؛ حيث قدرت بنحو ٧٩٪.

وفى دراسة أخرى شملت تلقيحات نصف داياليل بين سبعة أصناف وسلالات من الطماطم، وجد ما يلى (Hanna وآخرون ١٩٨٢) :

١ ـ كانت أفضل السلالات فى القدرة على التآلف لصفة العقد الجيد فى الحرارة العالية هى S6916، وتلتها السلالة BL 6807، بينما كانت السلالة L401 أقلها فى هذه الصفة.

٢ ـ كان الفعل الإضافى للجينات أكثر أهمية من الفعل غير الإضافى فى التأثير على صفة العقد الجيد فى الحرارة العالية.

وفى مصر.. وجد ـ عندما أجريت دراسة وراثية تحت ظروف الحرارة المرتفعة صيفاً (خلال شهرى يونيو ويوليو فى الجيزة والقليوبية) ـ أن صفات العقد والمحصول المبكر والكلى كانت كمية، كما لم يظهر تأثير سيادة للجينات الخاصة بالقدرة على العقد فى هذه الظروف. وقد أظهر الهجين Saladette x Cal Ace VF قوة هجين لصفة المحصول تحت هذه الظروف. وكانت درجات توريث صفات نسبة العقد والمحصول المبكر والمحصول الكلى منخفضة جداً فى جميع التلقيحات؛ مما يدل على شدة تأثر هذه الصفات بالعوامل البيئية (Ibrahim ١٩٨٤).

هذا.. وتشير الأدلة إلى أن صفتى القدرة على العقد فى درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة مرتبطتان ببعضيهما، بحيث يكون الصنف القادر على العقد فى الحرارة المرتفعة قادراً ـ كذلك ـ على العقد فى الحرارة المنخفضة، وربما تتحكم نفس الجينات فى الصفتين (Asian Veg. Res. Dev. Center ١٩٧٦). وكمثال على ذلك.. تميز الصنفان UC82 وPeto 86 ـ فى مصر ـ بالعقد والإنتاجية العالية تحت الظروف الطبيعية صيفاً (يونيو ويوليو) وشتاء (ديسمبر ويناير) (Ibrahim ١٩٨٤).

ويذكر Nuez وآخرون (١٩٨٥) أن أصناف وسلالات الطماطم ـ التى أنتجت أصلاً للقدرة على العقد فى الحرارة المنخفضة ـ كانت كذلك ذات قدرة جيدة على العقد فى الحرارة المرتفعة. ومن أمثلة تلك الأصناف: Farthest North، و Severianin، و Sub Arctic Plenty، وBL 6807 . كما أنهم وجدوا أن سلالة الطماطم 0- 1 - 29 - 0 - 0 - 1104 ـ التى انتخبت فى المركز الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر لمقاومة الحرارة ـ كانت كذلك مقاومة للبرودة.

ولمزيد من التفاصيل عن التربية لعقد ثمار الطماطم فى الحرارة العالية.. يُراجعChandler (١٩٨٣).

الفاصوليا

تبعاً لـ Schaff وآخرين (١٩٨٧).. فإن سلالات وأصناف الفاصوليا التالية تعد مقاومة للحرارة العالية: P.I. 16516، و P.I. 281711، و P.I. 271997، و P.I. 271998، و P.I. 285695، و P.I. 313241، و P.I. 324607، و P.I. 324616، و Provider، وBush Blue Lake .

وقد تمكن Dickson & Petzodt (١٩٨٨ ، ١٩٨٩) من الانتخاب للقدرة الجيدة على العقد فى الحرارة العالية؛ بتعريض نباتات الجيل الأول ـ أثناء الإزهار ـ لحرارة عالية، وكان تقديرهما لدرجة توريث هذه الصفة ـ على النطاق العريض ـ من ١٩ ـ ٧٩٪ وعلى النطاق الضيق من صفر ـ ٢٤٪.

عقد الثمار البكرى

تعنى القدرة على العقد البكرى Parthenocarpic Fruit Set ـ أى بتكوين ثمار خالية من البذور ـ القدرة على العقد فى جميع الظروف البيئية غير المناسبة، سواء أكانت الحرارة مرتفعة، أم منخفضة.

الطماطم

توجد صفة القدرة على العقد البكرى فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم. وقد حصِلَ عليها ـ غالباً ـ من أحد مصدرين؛ هما: الهجن النوعية بين الطماطم وكل من النوعين

L. hirsutum، و L. peruvianum ، وباستحداث الطفرات. فمثلاً.. حُصِلَ على الصنف الروسى سيفيريانين Severianin ذى القدرة العالية على العقد البكرى من الهجين النوعى:

Byzon x (Grnutovij Gribovskuj x L. hirsutum)

يتميز هذا الصنف بالقدرة على العقد البكرى فى جميع الظروف غير المناسبة للعقد، وبأن أعضاء أزهاره الجنسية ـ الذكرية والأنثوية ـ خصبة بدرجة عالية (Philouze & Mais-sonneuve ١٩٧٨). وقد وجدت Philouze (١٩٨١) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز pat-2؛ تمييزاً له عن الجين pat (نسبة إلى Parthenocrpy أى العقد البكرى)، الذى وجد فى سلالات أخرى تعقد بكرياً. وقد تأكدت وراثة صفة العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين فى دراسات أخرى لكل من Lin (١٩٨٢)، وHassan وآخرين (١٩٨٧). هذا.. إلا أن Vardy وآخرين (١٩٨٩أ) توصلوا من دراستهم إلى أن صفة العقد البكرى فى الصنف سيفريانين يتحكم فيها جينان متنحيان، أحدهما الجين pat-2 ـ وهو جين رئيسى ـ والآخر هو الجين mp ، وهو ثانوى، ويؤثر فى ظهور صفة العقد البكرى عند وجود الجين pat.

وقد عقد هذا الصنف بكرياً فى مصر خلال شهرى يناير وفبراير بالقناطر، وتفوق على الأصناف UC 82، و Peto 86، و VF 145-B-7879، و Floradade، وسلالة التربية UC78W29 فى كل من نسبة العقد تحت ظروف الحرارة المنخفضة، والمحصول المبكر خلال شهر أبريل (Hassan وآخرون ١٩٨٧). وقد أوضحت دراسات Lin وآخرين (١٩٨٤) أن العقد البكرى فى الصنف سيفيريانين صفة اختيارية؛ حيث إنها تنتج ثماراً عادية فى الظروف المناسبة للعقد، وثماراً بكرية فى الظروف غير المناسبة لذلك، مثلما تكون عليه الحال فى ظروف ارتفاع درجة الحرارة ليلاً ونهاراً. هذا.. برغم أن الحرارة العالية لم تكن لها تأثيرات سيئة على الجاميطات أو تركيب الزهرة؛ وهو ما يعنى أن الظروف البيئية المحفزة للعقد البكرى تؤثر فى الأنسجة الجرثومية Sporophytic tissues للزهرة، وليس فى أنسجتها الجاميطية gametophytic tissues.

وتأكيداً لذلك.. وجد Scott & George (١٩٨٤) أن المعاملات التى تمنع التلقيح (مثل الخصى، وإزالة الميسم، وإزالة الأطراف البعيدة لكل من قلم الزهرة والأسدية) منعت تكوين البذور، ولكنها لم تمنع عقد الثمار. هذا بينما لم يكن للتقليح - بحبوب لقاح فقدت حيويتها بمعاملة حرارية - أى تأثير فى نسبة العقد البكرى. وقد استخدم الباحثان فى هذه الدراسة الصنف سيفريانين وسلالة أخرى - هى PSET-1 - تحمل نفس الجين pat-2، وسلالة ثالثة ألمانية تعقد بكرياً - هى RP 75/59 - وتختلف فى جينات العقد البكرى.

وقد درس Hassan وآخرون (١٩٨٧) الاختلافات بين الصنف سيفيريانين والأصناف البذرية UC 82، و VF 145- B- 7879، والهجن بينها فى محتوى مبايض الأزهار من الجبرلينات الكلية الحرة، ووجدوا أنها تبلغ فى الصنف سيفيريانين نحو ثلاثة أمثال أىٍّ من الصنفين الآخرين. ولم تلاحظ فروق واضحة بين نباتات الجيل الأول ونباتات الآباء البذرية، أو بين محتوى الهجن والهجن العكسية فى محتوى مبايض الأزهار من الجبرلينات الكلية الحرة؛ الأمر الذى يتمشى مع نتائج الدراسات الوراثية من أن الصفة متنحية، ويدلل على أهمية المحتوى المرتفع من الجبرلينات للعقد البكرى للثمار فى الطماطم.

هذا.. وكان الجين pat قد ظهر كطفرة فى أحد أصناف الطماطم الإيطالية (عن Mapelli ١٩٧٩) لدى معاملتها بالـ ethylmethane sulphonate . تبعد هذه الطفرة بمقدار ١٢,٠ وحدة عبور من الجين sha (نسبة إلى Short anthers أى الأسدية القصيرة). كما ظهرت طفرة آليلية لهذا الجين (sha) أعطيت الرمز sha - pat؛ نتيجة للمعاملة بالمركبات الكيميائية المطفرة فى السلالة رقم 2524. وكلتا الطفرتين pat، و sha - pat تنتج ثماراً بكرية، وتتميز بالعقم الأنثوى. وظهرت كذلك طفرة طبيعية قادرة على العقد البكرى - أطلق عليها اسم Montfavet 191 فى إحدى سلالات الطماطم الطبيعية. وتتميز هذه الطفرة بأن متوكها قصيرة - كما فى طفرة sha - ولكنها تعقد بكرياً - كما فى الطفرة sha - pat (السلالة 2524). وبتلقيح هذه الطفرة مع السلالة sha - pat الأصلية كانت نباتات الجيل الأول ذات أسدية قصيرة، وأنتجت ثماراً بكرية؛ مما يدل على أن الطفرة Montfavet 191 - التى ظهرت تلقائياً - تحمل نفس الجين sha - pat الذى يوجد فى السلالة الأصلية (Pecaut & Philouze ١٩٧٨).

وتعد السلالة الألمانية RP 75/59 من السلالات التى تعقد ثماراً بكرية طبيعية المظهر فى الظروف غير المناسبة للعقد، ولكنها تعقد ثماراً طبيعية فى الظروف البيئية المناسبة للعقد؛ وهى تتشابه فى ذلك مع الصنف سيفيريانين.

وقد أظهرت دراسات Philouze & Maisonneuve (١٩٧٨أ) بفرنسا أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية، ولا يتحكم فيها أى من الجينات sha، أو pat، أو pat - 2 وتبعاً لـ Ho & Hewitt (١٩٨٦).. فإن Philouze قد أوضحت عام ١٩٨٢ أن صفة العقد البكرى فى السلالة الألمانية RP 75/59 يتحكم فيها ثلاثة جينات متنحية ذات تأثير إضافى، وأكدت ذلك دراسات Vardy وآخرين (١٩٨٩).

وفى الولايات المتحدة.. أنتج Baggett & Fraizer (١٩٨٢) السلالة Oregon 11 التى تعطى ثماراً بكرية فى الجو البارد بنسبة ٦٦٪. تتميز ثمارها البكرية بأنها صلبة ولحمية، ونادراً ما تكون مفصصة، أو تظهر بها جيوب. يبلغ متوسط وزن الثمرة حوالى ٣٠جم، ومتوسط قطرها من ٢,٥-٤سم، ويوجد بها ٣-٤ مساكن؛ وهى جيدة الطعم واللون، ذات جلد سميك ولكنه يتشقق أحياناً. كذلك أنتجت السلالة Oregon T5 - 4 التى تعقد ثماراً بكرية بنسبة ٣٠٪ فى الجو البارد، وثماراً عادية فى الجو العادى ، إلا أنها تختلف عن الصنف سيفريانين فى احتياج أزهارها إلى التلقيح لكى تعقد بكرياً فى الجو البارد.

وقد وجد Kean & Baggett (١٩٨٦) أن صفة العقد البكرى فى هذه السلالة متنحية، ويتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية، يختلفان عن الجين pat - 2. هذا.. وقد اكتسبت سلالات أوريجون صفة العقد البكرى من الصنف الكندى Farthest North.

وبينما لا توجد - حالياً - أصناف تعقد بكرياً وتصلح للزراعة التجارية إلا أن تلك الصفة تتوفر فى عدة مصادر، ويمكن تقسيمها - حسب درجة العقد البكرى بها - كما يلى (عن Ho & Hewitt ١٩٨٦).

١ - درجة العقد البكرى منخفضة، وتتوفر فى : Atom، و Bubjekosoko، وSub Arctic Plenty ، و Oregon Cherry، و Pobeda .

٢ ـ درجة العقد البكرى متوسطة، وتتوفر فى: Lycopera، و Earlinorth، و- Oregon T 5 4، وParteno .

٣ ـ درجة العقد البكرى عالية، وتتوفر فى : RP 75/59، وSeverianing .

الخيار

تعقد سلالات الخيار البكرية العقد ثماراً فى الظروف البيئية القاسية التى لا تناسب عقد الثمار فى الأصناف العادية. كما تناسب هذه الصفة الصوبات؛ حيث لا تتوفر الحشرات الملقحة والأصناف الأنثوية التى لا تتوفر بها الأزهار المذكرة.

وقد وجد Pike & Peterson (١٩٦٩) أن صفة العقد البكرى فى الخيار يتحكم فيها جين واحد ذو سيادة غير تامة، يأخذ الرمز Pc؛ حيث: PcPc: تظهر الثمرة البكرية الأولى قبل العقدة الخامسة ، و Pcpc: تظهر الثمار البكرية بعد ذلك وتكون أقل عدداً، و pcpc: لا تظهر أية ثمار بكرية. ويتأثر فعل هذا الجين بكل من الخلفية الوراثية والعوامل البيئية.

وفى دراسة أخرى على عدد من سلالات الخيار ـ التى تختلف فى درجة العقد البكرى ـ وجد Ponti & Garrrtsen (١٩٧٦) أن صفة العقد البكرى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية ذات تأثير إضافى، مع ارتباط هذه الجينات بالجينات المتحكمة فى صفات الأنوثة.



التربية للاستجابة للفترة الضوئية السائدة

ربما لاتعد الفترة الضوئية السائدة من العوامل البيئية القاسية بالنسبة للإنسان، ولكنها قد تكون كذلك بالنسبة للنبات. فمعظم النباتات لاتناسبها الفترة الضوئية الشديدة القصر؛ لعدم تمكنها من تصنيع ما يكفيها من الغذاء للنمو الجيد تحت هذه الظروف. كما أن بعض النباتات لاتنمو نموا اقتصاديا إلا إذا توفرت لها فترات ضوئية بطول معين. فالبصل يتطلب نهاراً طويلاً لكى يكوّن أبصالاً، والبطاطس تسرع بوضع درناتها فى النهار القصير، والشليك ينتج مدادات فى النهار الطويل.. والأمثلة كثيرة فى هذا الشأن، ولكن ما يهمنا هو الاختلافات الوراثية ـ داخل تلك الأنواع النباتية ـ فى الاستجابة للفترة الضوئية السائدة.

كذلك لايمكن لعديد من النباتات أن تزهر وتنتج محصولاً اقتصادياً من الثمار، أو تكمل دورة حياتها بإنتاج البذور إلا إذا توفرت لها فترات ضوئية بطول معين. ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذا الأمر ـ من الوجهة الفسيولوجية ـ فى حسن (١٩٨٨)، ولكن ما يهمنا ـ حالياً ـ هو مدى توفر الاختلافات الوراثية ـ داخل النوع الواحد ـ فى الاستجابة للفترة الضوئية، بحيث يمكن زراعة بعض أصنافه أو سلالاته تجارياً فى مناطق ومواسم لا تتوفر فيها الفترة الضوئية المناسبة للنوع ـ بصورة عامة ـ لكى ينمو وينتج محصولاً اقتصادياً.

وأكثر الطفرات أهمية لمربى النباتات ـ فى هذا الشأن ـ هى تلك التى تجعل النبات يفقد حساسيته للفترة الضوئية، بحيث يمكنه الإزهار والنمو الاقتصادى فى جميع الفترات الضوئية التى قد يتعرض لها.

وراثة الاستجابة للفترة الضوئية

يستدل من معظم الدراسات - التى أجريت فى هذا المجال - على أن صفة الحساسية للفترة الضوئية Photosensitivity فى النباتات الزهرية يتحكم فيها - غالباً - جين واحد، أو عدد قليل جداً من الجينات. فمثلاً.. يتحكم جين واحد سائد فى الحساسية للفترة الضوئية (عند الإزهار) فى كل من الأرز، والقطن Gossypium barbadense، والبرسيم Subterranean clover، والقمح الكندى، والبسلة السكرية، والجوت، ويتحكم جين واحد متنح فى الحساسية للفترة الضوئية فى كل من البامية، والخيار، والقطن G. hirsutum. هذا.. بينما يتحكم زوجان من الجينات فى الاستجابة للفترة الضوئية فى كل من البسلة، وبعض الأقماح السداسية، ويتحكم ثلاثة أزواج فى صفة الحساسية للفترة الضوئية القصيرة فى السمسم.

وقد وجدت الطفرات غير الحساسة للفترة الضوئية (المحايدة للفترة الضوئية) فى عشائر طبيعية من نباتات النهار الطويل، وعشائر أخرى من نباتات النهار القصير،كما أمكن استحداث تلك الطفرات صناعياً - فى بعض الحالات - بواسطة العوامل المطفرة (عنAhmadi وآخرين ١٩٩٠).

الأساس الفسيولوجى للاستجابة للفترة الضوئية، أو عدم الحساسية لها

يعتقد بعض الباحثين فى وجود هرمون للإزهار وآخر مضاد للإزهار (أطلقوا عليهما الاسمين florigen، و antiflorigen على التوالى، يتحكمان فى استجابة أو عدم حساسية النباتات للفترة الضوئية، بينما يعتقد آخرون أن عدم إنتاج النبات لمواد معينة مثبطة للإزهار، أو استبعاد تلك المواد يؤدى إلى جعله محايداً للفترة الضوئية.

التقدم فى جهود التربية للاستجابة للفترة الضوئية

نستعرض - فيما يلى - جهود التربية التى بذلت فى بعض الأنواع المحصولية للتعرف على وراثة استجابتها للفترة الضوئية، ومحاولة تربية سلالات منها محايدة لتلك الفترة.

الفاصوليا

بدراسة عدد من أصناف الفاصوليا التى نُميَت فى حرارة ١٦±٢°م نهاراً، و٢١±٢°م ليلاً.. وجد أن فترة إضاءة طولها ١٥ ساعة ـ مقارنة بفترة إضاءة طولها ١٠ساعات ـ أدت إلى تأخير الإزهار بمقدار ٤٧يوماً فى الصنف Nebraska sel. 27، وبمقدار ٤٨ يوماً فى السلالة P.I. 207262، بينما لم يتأثر موعد إزهار الأصناف الأخرى المختبرة باختلاف الفترة الضوئية. وتبين أن صفة التأخير فى الإزهار ـ عند زيادة الفترة الضوئية ـ يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح (Coyne ١٩٧٨).

وفى دراسة أخرى.. كان الصنف G.N. 1140 ـ تحت ظروف الحقل ـ مبكراً فى الإزهار، بينما كانت السلالة P.I. 165078 متأخرة الإزهار. وتبين بالدراسة الوراثية أن صفة الإزهار المبكر بسيطة وسائدة. أما تحت ظروف حجرات النمو.. فلم تلحظ أية فروق فى موعد الإزهار بين الصنف والسلالة إلا عندما كان النهار الطويل (١٤ ساعة) مصاحباً بدرجة حرارة مرتفعة (٢٩,٤°م نهاراً، و ٢٦,٧°م ليلاً) (Coyne ١٩٧٠).

كذلك لوحظت اختلافات وراثية بين صنفى الفاصوليا Great Northern UI 1، وRed Kidney فى الاستجابة للفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار. فالصنف Great Nortern U11 (اختصاراً: GN) أزهر ـ بصورة طبيعية ـ فى كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بحرارة عالية، بينما تأخر إزهاره فى إضاءة ١٨ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة منخفضة مقدارها ٢١°م نهاراً، و١٦°م ليلاً. أما الصنف Red Kidney (اختصاراً RK).. فقد أزهر بصورة طبيعية فى كل الفترات الضوئية عندما كانت مصاحبة بدرجة حرارة منخفضة مقدارها ٢١°م نهاراً، و١٦°م ليلاً، أو حرارة متوسطة مقدارها ٢٧°م نهاراً، و ٢١°م ليلاً، بينما تأخر إزهاره فى إضاءة ١٨ساعة عندما كانت مصاحبة بحرارة مرتفعة تزيد على ٢٩°م نهاراً، وتزيد على ٢١°م ليلاً.

وتبين ـ بالدراسة الوراثية ـ أن الصنفين يختلفان فى زوجين من العوامل الوراثية، وهما

الزوجان اللذان يستجيبان لمعاملات الفترة الضوئية ودرجة الحرارة عند الإزهار؛ فالصنف RK يحتوى على جين سائد - أعطى الرمز Ht - يؤدى إلى تأخير الإزهار فى النهار الطويل الذى يكون مصاحباً بدرجة حرارة تزيد على ٢٩ْم، بينما يحتوى الصنف GN على جين آخر سائد كذلك - أعطى الرمز Lt - يؤدى إلى تأخير الإزهار - فى النهار الطويل الذى يكون مصاحباً بدرجة حرارة تقل عن ٢٤ْم. أما الجيل الأول الناتج من التهجين بينهما - الذى يكون تركيبه الوراثى Ht ht Lt lt - فإنه يتأخر فى الإزهار فى ظروف النهار الطويل أياً كانت درجة الحرارة المصاحبة له.

وقد أظهرت الدراسة التشريحية أن مبادئ الأزهار تكونت بصورة طبيعية فى كل درجات الحرارة والفترات الضوئية، وأن التأخير لم يكن سوى فى ظهور الأزهار (Padda & Munger ١٩٦٩).

الخيار

إن الخيار نبات محايد بالنسبة لتأثير الفترة الضوئية فى الإزهار، ولكن محاولة الاستفادة من الصنف النباتى C. melo var. hardwickii فى التربية تثير مشكلة تأثره بالفترة الضوئية؛ لكونه نباتاً قصير النهار. وقد وجد Vecchi & Peterson (١٩٨٤) أن هذه الصفة - فى السلالة P.I. 215589 - يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز df . وذكر الباحثان أن هذا الجين ربما يكون أليلياً للطفرة df (delayed flowering) ، التى كانت قد اكتشفت من قبل فى الصنف Baroda ، والتى تؤدى إلى تأخير الإزهار إلى أن يحل النهار القصير شتاء.

البطاطس

تحتاج البطاطس - من تحت النوع S. tuberosum ssp. andigena المزروع فى أمريكا الجنوبية - إلى نهار قصير لتكوين الدرنات. أما البطاطس التجارية S. tuberosum ssp. tuberosum.. فإنها تبكر بتكوين الدرنات فى النهار القصير، بينما يمكنها إنتاج الدرنات فى النهار الطويل؛ لذا.. فإنه ينظر إليها على أنها محايدة بالنسبة للفترة الضوئية اللازمة لوضع الدرنات.

وقد أنتج التهجين بينهما نسلاً وسطاً فى احتياجاته من الفترة الضوئية لتكوين الدرنات، مع سيادة قليلة لصفة الحاجة إلى النهار القصير (Howard ١٩٦٩).

الشليك

اكتشف الباحثون الأوروبيون طرزاً ثنائية من الجنس Fragaria دائمة الإزهار - "Perpetul - flowering" types - أى محايدة للفترة الضوئية - فى القرن السابع، وتلا ذلك اكتشاف عديد من السلالات الثنائية المماثلة. وقد تبين أن صفة عدم الاستجابة للفترة الضوئية يتحكم فيها جين واحد متنح فى النوع الأوروبى الثنائى التضاعف F. vesca.

وتوضح الدراسات وجود ثلاثة مصادر مستقلة لأصناف الشليك الثمانى التضاعف (Fragaria x ananassa) غير الحساسة للفترة الضوئية، هى كما يلى :

١- الأصناف الأوروبية الدائمة الحمل Everbearing (المحايدة للفترة الضوئية = غير الحساسة للفترة الضوئية).. وهى التى حصلت على تلك الصفة من بادرات الصنف Gloede التى أدخلت إلى فرنسا فى عام ١٨٦٦.

٢- وجد المصدر الثانى لعدم الاستجابة للفترة الضوئية فى الشليك الثمانى التضاعف كطفرة وراثية، أو بادرة ناتجة من الإكثار الجنسى فى الصنف بسمارك Bismark فى ولاية نيوريورك الأمريكية فى عام ١٨٩٨.

٣- أما المصدر الثالث لعدم الاستجابة للفترة الضوئية فقد حصل عليه& Bringhurst Voth فى عام ١٩٨٠ بعدما قاما بجمع نباتات متأخرة الإزهار من F. virginiana glauca (من ولاية يوتاه الأمريكية)، واستخدماه فى برنامج للتربية، حيث انتخبا نباتات محايدة للفترة الضوئية من نسل التلقيح الرجعى الأول إلى آباء قصيرة النهار (عن Ahmadi وآخرين ١٩٩٠).

وقد قام Ahmadi وآخرون (١٩٩٠) بتهجين أصناف ثمانية التضاعف من الشليك محايدة للفترة الضوئية مع سلالات ثمانية التضاعف قصيرة النهار من الأنواع: F. x ananassa ، و

glauca viriginiana .F، و F. chiloensis ، ووجدا أن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية يتحكم فيها جين واحد سائد يظهر فى الجيل الأول الهجين مع مختلف أنواع الجنس Fragaria .

ويبدو أن الطرز الأوروبية الثنائية التضاعف غير الحساسة للفترة الضوئية - التى وجدت فى النوع F. vesca - قد نشأت مستقلة، نظراً لأن صفة عدم الحساسية للفترة الضوئية فى هذا النوع متنحية. هذا بينما لم يمكن اكتشاف طرز غير حساسة للفترة الضوئية فى نباتات النوع F. vesca التى تنمو بـرياً فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية، وكانت صفة الحساسـية للفترة الضوئية فى العشائر الأمريكية لهذا النوع كمية، ويتحكم فيها ثلاثة جيناتسائدة.



التربية لتحمل ملوحة التربة ومياه الرى

تعرف الأراضى غير الصالحة للزراعة باسم «الأراضى ذات المشاكل Proplem Soils » وهى الأراضى التى يوجد فيها انحراف حاد - عن المجال المناسب للنمو النباتى الطبيعى - فى واحد أو أكثر من العوامل البيئية الأرضية، مثل : الملوحة الأرضية، والرطوبة الأرضية، والعناصر الغذائية، والـ pH.

وتوجد ثلاثة بدائل للاستفادة من تلك الأراضى ذات المشاكل، وهى:

١- إصلاح التربة.. وهى طريقة تتبع بنجاح عندما يكون الانحراف فى العامل البيئى قليلاً، ولكنها لاتكون اقتصادية إذا كان الانحراف كبيراً.

٢- استخدام التربة ذات المشاكل فى زراعة أنواع برية من النباتات يمكنها النمو فيها، على أن يتم استئناسها لصالح الإنسان، بهدف استخلاص مركبات غذائية، أو دوائية منها، أو الاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية، أو لإنتاج الزيوت أو المركبات الأخرى التى تدخل فى الصناعة.. ويحظى هذا الاتجاه باهتمام كبير فى الوقت الحاضر، وهو يهمنا - فى مجال تربية النبات - لأن استئناس النباتات Plant Domestication لصالح الإنسان يعد أحد أهداف المربى.

٣- تربية نباتات تتحمل الانحرافات فى العوامل البيئية الأرضية، ليمكن زراعتها بنجاح فى هذه الأراضى.. وهو موضوع هذا الفصل والفصلين التاسع والعاشر من هذا الكتاب.

الأراضى الملحية، ومشاكلها، وكيفية استغلالها فى الزراعة

أهمية استخدام النباتات التى تتحمل الملوحة فى الزراعة

تؤدى قلة الأمطار فى المناطق الجافة وشبه الجافة إلى الاعتماد على الرى فى الزراعة، الذى يؤدى ـ مع مرور الوقت ـ إلى تراكم الأملاح فى التربة، فتصبح بذلك ملحية، وتقل صلاحيتها للزراعة. ويرجع ذلك إلى ما تحتويه مياه الرى من أملاح لايتم التخلص منها بالغسيل. فمثلاً.. تقدر كمية الأملاح التى توجد فى المياه التى تستخدم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية بنحو ١٠ ملايين طن سنوياً، فى الوقت الذى تستخدم فيه نحو٩٠٪ من تلك المياه فى الزراعة (عن Norlyn ١٩٨٠). كما توجد فى مختلف أنحاء العالم أراض عالية الملوحة غير صالحة للزراعة. وفى حالات كهذه.. لايفيد إصلاح التربة بالوسائل الهندسية فى التخلص التام من مشكلة الملوحة، وإنما فى تحجيمها فقط، بالرغم من التكلفة العالية لتلك الوسائل. ولا يتحقق الاستغلال الأمثل لتلك الأراضى إلا بزراعتها بالأنواع والأصناف التى تتحمل الملوحة.

وتفيد ـ كذلك ـ زراعة تلك النباتات التى تتحمل الملوحة فى التوفير فى كل من مياه الرى (لعدم الحاجة إلى غسيل الأملاح فى كل رية)، وتكاليف الإصلاح الدورى للتربة (بزيادة فتراتها). كما يمكن رى تلك النباتات بالمياه الأقل جودة، وتوفير المياه ذات النوعية الجيدة (المنخفضة الملوحة)؛ لرى الأنواع والأصناف الأكثر حساسية للملوحة.

ويمكن ـ كذلك ـ زراعة النباتات التى تتحمل الملوحة بالاعتماد على المياه الجوفية التى ترتفع فيها نسبة الأملاح، وفى المناطق الساحلية التى يؤدى كثرة سحب المياه الجوفية منها إلى زيادة ملوحتها بسبب اختلاطها بمياه البحر، وفى الصحارى الساحلية التى يمكن ريها بمياه البحر مباشرة.

ولكن ينبغى أن نضع فى الحسبان أن هذه النباتات التى تتحمل الملوحة يكون نموها ـ غالباً ـ أفضل، ومحصولها أعلى إذا ما زرعت فى أراض غير ملحية. ولكنها ـ بالرغم من

ذلك ـ تنمو بصورة مرضية، وتنتج محصولاً اقتصادياً فى الأراضى الملحية فى الوقت الذى لايمكن للنباتات الحساسة أن تنمو فيها. ويستثنى من ذلك النباتات الملحية Halophytes بطبيعتها، التى يكون نموها ـ غالباً ـ أفضل فى ظروف الملوحة العالية.

تقديرات مساحة الأراضى الملحية والرملية

تُقدر مساحة الأراضى الملحية ـ على مستوى العالم ـ بنحو ٤٠٠ ـ ٩٥٠ مليون هكتار (الهكتار = ١٠٠٠٠م٢ = ٢,٣٨فداناً). أما الأراضى المروية.. فتقدر بنحو ٢٣٠مليون هكتار، وتقدر المساحة المتأثرة منها بالملوحة بنحو الثلث، أى حوالى ٧٥مليون هكتار (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠). وفى باكستان وحدها ـ على سبيل المثال ـ تبلغ جملة مساحة الأراضى المروية حوالى١٥مليون هكتار، أصبح نحو ١٠ ملايين هكتار منها ملحية، أو رديئة الصرف إلى درجة دخول آلاف الهكتارات سنوياً ضمن الأراضى غير الصالحة للزراعة (عن Jones ١٩٨١).

وتقدر مساحة الصحارى الساحلية بنحو ٣٠ ألف كيلو متراً مربعاً، بينما تقدر مساحة الكثبان الرملية ـ على مستوى العالم ـ بنحو١,٣بليون هكتار، وتشكل كلتا المساحتين نحو ٩٪ من مساحة اليابسة فى الكرة الأرضية. ولا يعرف ـ على وجه التحديد ـ نسبة الجزء الذى يمكن زراعته من تلك المساحات الشاسعة بالنباتات المحبة للملوحة، أو بالأصناف التى تتحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

أضرار الملوحة العالية

تظهر الآثار السلبية للملوحة العالية فى ثلاثة جوانب كما يلى :

١ـ بناء التربة Soil Structure :

تؤثر التركيزات العالية للأملاح ـ وخاصة عند زيادة نسبة ادمصاص الصوديوم إلى

الكاتيونات الأخرى على سطح غرويات الطين ـ تأثيراً سيئاً على الصفات الفيزيائية للتربة، حيث تتشتت الحبيبات الصغيرة (المكونة للتجمعات الكبيرة)، وتصبح مفردة؛ الأمر الذى يقلل كثيراً من حجم مسام التربة، ويضعف نفاذيتها للماء.

٢ـ التفاعل بين التربة والجذور Soil / Root Interactions:

تجعل التركيزات العالية للأملاح فى المحلول الأرضى امتصاص النبات للماء والعناصر أمراً صعباً؛ بسبب زيادة الضغط الآسموزى للمحلول الأرضى، والتنافس الكيميائى بين أيونات الأملاح وأيونات العناصر المغذية على الامتصاص.

٣ـ داخل النبات :

تؤدى زيادة امتصاص النبات للأملاح إلى تواجدها بتركيزات عالية فى أنسجة النبات بصورة عامة، وفى السيتوبلازم، والفجوات العصارية بصورة خاصة؛ الأمر الذى يترتب عليه ما يلى:

أ ـ تثبيط النشاط الأيضى.

ب ـ التضارب مع تمثيل البروتين.

جـ ـ فقد الخلايا للماء.

د ـ انغلاق الثغور.

هـ ـ شيخوخة الأوراق مبكراً.

ويؤدى عدم التوازن بين تركيز الأملاح فى كل من السيتوبلازم والفجوات العصارية إلى زيادة التأثير الضار للأملاح الزائدة؛ فتصبح سامة للنبات، بالرغم من أن تركيزها العام فى النسيج النباتى قد يكون معتدلاً (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

النباتات المحبة للملوحة وأوجه الاستفادة منها

تعريف بالنباتات المحبة للملوحة

يقدر عدد النباتات المغطاة البذور المحبة للملوحة halophytes بما لا يقل عن ٨٠٠ نوع نباتى تتوزع على أكثر من ٢٥٠ جنساً. ويمثل هذا العدد من الأجناس نحو ٦٪ من جميع أجناس مغطاة البذور (عن Austin ١٩٨٩).

ومن الأمثلة البارزة للنباتات الزهرية المحبة للملوحة ما يلى :

١ـ أنواع المانجروف Mangrove ؛ مثل : Avicennia، و Aegilitis، و Rhizophora.

٢ـ «حشائش» البحر المغمورة بالماء؛ مثل : Halophila، و Posidonia، و Zostera.

٣ـ بعض أنواع عدد من العائلات الهامة، مثل العائلة الرمرامية (عن Jones ١٩٨١).

تنمو النباتات المحبة للملوحة ـ سواء أكانت تلك التى تعيش فى مياه البحر، أم على اليابسة ـ فى أوساط لا يقل تركيز الأملاح فيها عن ٤٠ ألف جزء فى المليون (EC =٦٢,٥ مللى موز)، وهو تركيز أعلى بكثير مما يمكن أن تتحمله المحاصيل الزراعية كما يتبين من جدول (٨ ـ ١).

أوجه الاستفادة من النباتات المحبة للملوحة

إن تربية واستنباط أصناف قادرة على تحمل الملوحة من المحاصيل الزراعية المعروفة لزراعتها فى الأراضى المتأثرة بالملوحة ليس أكثر من تأخير لعملية استصلاح الأرض، التى يجب أن تجرى بعد حين؛ للتخلص من ملوحتها الزائدة. فمع مرور الوقت ـ أثناء زراعة تلك الأصناف ـ مع إهمال إصلاح التربة، يزداد تراكم الأملاح فيها إلى أن تصل إلى مستوى أعلى مما يمكن أن تتحمله هذه الأصناف.

جدول (٨ ـ ١) مدى تحمل الملوحة فى مختلف فئات المحاصيل الزراعية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الفئة المحصولية	المحصول	تركيز الأملاح (EC) الذى يؤدى إلى نقص المحصول بنسبة ٥٠ ٪
الحبوب	الذرة	٥,٨
	الأرز	٧,٠
	القمح	١٣,٠
	الشعير	١٨,٠
الخضر	الفاصوليا	٣,٧
	السبانخ	٨,٥
نجيليات العلف	الشيلم البرى	١٠,٨
	حشيشة القمح الطويلة	١٩,٥
محاصيل أخرى	فول الصويا	٧,٥
	بنجر السكر	١٥,٥
	القطن	١٧,٥

أما النباتات المحبة للملوحة فإنها تنمو بصورة طبيعية فى الأراضى الشديدة الملوحة، بل إن نمو بعضها يتأثر سلبياً لو أنها زرعت فى أوساط قليلة الملوحة.

ولقد استفاد الإنسان ـ بالفعل ـ من بعض هذه النباتات، قبل أن يتمكن من تطوير الطرق المناسبة لإنتاجها. فيُذكر أن الهنود الحمر فى المكسيك استخدموا بذور النبات Zostera marina كغذاء لهم، وهو نبات ينمو مغموراً تماماً فى مياه البحر. كذلك استفاد

الإنسان فى السواحل الاستوائية من نباتات المانجروف التى كان يجمعها لاستخدامها كوقود (عن Epstein وآخرين١٩٧٩).

ولعل أكثر ما يجذب الباحثين إلى دراسة هذه النباتات هو استئناسها، وتطوير التقنيات الزراعية المناسبة لها؛ للاستفادة منها مباشرة كغذاء للإنسان، أو كعلف للماشية. ولكن تحقيق ذلك يتطلب خلو تلك النباتات من التركيزات العالية من أيونى الصوديوم والكلور، أو إيجاد الوسائل المناسبة لتخليصها منها.

ومن أبرز الأمثلة للنباتات التى تجرى محاولات لاستئناسها ـ بهدف الاستفادة منها كغذاء للإنسان أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات دوائية، أو غيرها من المركبات ـ منها، مايلى:

١ـ النبات Spartina alterniflora :

ينمو بريا بكثرة فى الأراضى الملحية بشرقى الولايات المتحدة. بذوره صغيرة يبلغ متوسط وزنها ٢,٥مجم، وتحتوى على نحو ١٥٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ويبدو أن له مستقبلاً كمحصول علف.

٢ـ النبات Chenopodium album (Lamb's quarters):

نبات حولى ينتج بذورا بكثرة تحتوى على نحو ١٧٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف. ينمو النبات جيداً عند ريه بالمياه العالية الملوحة. وقد استخدم النبات الأخضر كغذاء للإنسان، كما أنه يشبه كثيراً النبات Chenopodium quinoa الذى يستخدمه الهنود الحمر ـ بأمريكا الجنوبية ـ كغذاء. تحتوى بذور النبات الأخير على بروتين ذى قيمة بيولوجية عالية بنسبة ١٠ـ١٢٪ على أساس الوزن الجاف، ولكنه لا يتحمل الملوحة. ومع ذلك فإن النوعين يمكن أن يهجنا معاً؛ لإنتاج طرز صالحة للاستهلاك وتتحمل الملوحة.

٣ـ النبات Kosteletzkya virginica (Seashore mallow) :

ينمو فى الأراضى العالية الملوحة، وينتج بذوراً بكثرة، تقترب فى حجمها من بذور القمح، وتحتوى على نحو ٣٢٪ بروتيناً على أساس الوزن الجاف.

٤ـ النبات Spartina patens :

تتوفر منه ثلاث سلالات على درجة عالية من التحمل للملوحة، تصلح واحدة منها ـ على الأقل ـ لزراعتها كمحصول علف، وخاصة فى الأراضى الرملية.

٥ـ النبات Distichlis spicata :

يتحمل تركيزات عالية جداً من الملوحة، وهو وحيد الجنس ثنائى المسكن، واستعمله الهنود الحمر كغذاء، وربما يكون له مستقبل كمحصول علف.

كما يوجد نبات آخر قريب منه هو D. palmeri ينمو على الشواطئ فى خليج كاليفورنيا، واستخدم أيضاً كغذاء بواسطة الهنود الحمر.

إن معظم تلك النباتات يمكن أن يكون لها مستقبل كمحاصيل علف، كما أن بعضها يمكن أن يطور لإنتاج حبوب صالحة للاستهلاك الآدمى، وخاصة بعد خلطها مع الحبوب التقليدية (Somers ١٩٧٩).

٦ـ العشب المحب للملوحة Batis spp. :

جربت زراعة هذا النبات المحب للملوحة (شكل ١ـ٨، يوجد فى آخر الكتاب) فى عدة دول، منها الولايات المتحدة (ولاية أريزونا)؛ والإمارات العربية المتحدة. تكون زراعته فى الأراضى الرملية بالقرب من سواحل البحار؛ حيث يروى بمياه البحر مباشرة، ويزرع لأجل بذوره، ونمواته الخضرية التى تخلص من بللورات الملح (التى توجد فى سيقان النبات)، وتجهز على صورة بالات لاستخدامها كغذاء للماشية.

يحصد النبات بعد نحو ٢٠٠ يوم من زراعته، ثم يدرس لفصل البذور الناضجة عن القش. تستخدم السيقان المقطوعة كعلف للحيوانات الزراعية والداجنة، حيث يمكن الحصول على ١٥ طناً من الحشيش من الهكتار الواحد بعد إزالة الأملاح منه. ويضاف إليه كسب البذور (بعد استخلاص الزيت منها) لزيادة قيمته الغذائية كعلف. أما النباتات التى تحصد قبل نضج البذور فإنها تحتوى على بروتين بنسبة ١٢ـ١٤٪.

يشكل الزيت نحو ٣٠٪ من حجم البذرة، ويمتاز بنوعيته الجيدة، وهو يشبه ـ إلى حد كبير ـ زيت بذرة القرطم، وتكاد الكميات المنتجة منه تعادل تلك الكميات المستخلصة من فول الصويا على أساس وحدة المساحة المزروعة. أما مسحوق البذور فإنه يحتوى على ٤٣٪ بروتيناً (الزراعة فى العالم العربى ـ المجلد الثانى ـ العدد ٨/٧).

وإضافة إلى ماتقدم ذكره من نباتات محبة للملوحة يُعْرَفُ عديد من النباتات الأخرى التى تتحمل الجفاف، والتى يأتى بيانها تحت هذا الموضوع. وتتفاوت تلك النباتات فى مدى تحملها للملوحة، ونكتفى ـ حاليا ـ بذكر الأمثلة التالية :

١ـ نبات الجوايال Guayle :

يسمى ـ علميا ـ Parthenium argentatum ، وهو نبات معمر يزرع لأجل إنتاج المطاط، يتحمل الملوحة إلى حد ما.. فبرغم أن الملوحة تقلل من الإنبات ونمو البادرات، إلا أن النباتات البالغة أكثر تحملاً للملوحة، وتنمو بصورة جيدة عند ريها بمياه ملحية (عن Fangmeier وآخرين ١٩٨٤).

٢ـ الهوهوبا Jojoba :

يُحصل منه على دهون عالية الجودة، تشبه الدهون التى تستخرج من بعض الحيتان، ولها استخدامات كثيرة فى الصناعة. يتحمل الجفاف بدرجة عالية؛ كما أنها تعد من النباتات التى تتحمل الملوحة (عن Univ. Arizona ١٩٨٠).

الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فى النباتات

طبيعة تحمل الملوحة فى النباتات المحبة للملوحة

تنمو النباتات المحبة للملوحة ـ غالبا ـ فى بيئات تحتوى على كلوريد الصوديوم بتركيز ١٠٠ـ٢٥٠ مول/م٣ (يحتوى ماء البحر على نحو ٥٠٠ مول كلوريد الصوديوم /م٣)، مع تواجد بعض الأيونات السامة الأخرى أحيانا. فإذا أخذنا كلوريد الصوديوم فقط فى الحسبان، وافترضنا أن نسبة النتح إلى البناء الضوئى (وزن الماء المفقود بالنتح إلى الوزن الجاف للمادة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها) هى ٣٠٠ (وهى نسبة واقعية)، وأن تركيز الأملاح فى بيئة نمو النباتات هو ٢٠٠ مول/ م٣.. نجد أنه مقابل كل جرام من المادة الجافة العضوية التى يقوم النبات بتمثيلها، فإن عليه أن يتعامل مع ٣,٥جم من كلوريد الصوديوم؛ إما بالتخلص منها، أو بمنع تأثيرها السام.

ويمكن بيان خطوط دفاع النباتات ضد الكميات الهائلة التى يمتصها من كلوريد الصوديوم ـ مرتبة حسب أهميتها فيما يلى:

١ـ تمييز النباتات ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاصها للماء الأرضى الملحى.

٢ـ حجز الأملاح فى الفجوات العصارية، ويظهر ذلك ـ مورفولوجيا ـ على صورة أعضاء نباتية عصيرية succulent توجد فيها نسبة عالية من الماء إلى المواد العضوية الجافة. وقد يحدث هذا الحجز للأملاح فى الأوراق المسنة. ولا يعتقد أن تلك الوسيلة يمكن أن يكون لها أهمية كبيرة فى تجنب أضرار الأملاح الزائدة فى المحاصيل الاقتصادية.

٣ـ يوجد فى بعض النباتات تراكيب متخصصة لفرز وطرح الأملاح منها، كما فى النجيليات المحبة للملوحة، وهى نباتات لاهى بالعصيرية، ولا يوجد فيها فجوات عصارية كبيرة (عن Austin ١٩٨٩).

ونجد فى أوراق بعض النباتات (مثل الجنس Atriplex) تراكيب متخصصة تعرف باسم الغدد الملحية Salt Glands ، أو المثانات الملحية Salt Bladders تتجمع فيها الأملاح من الأنسجة المحيطة بها، ثم تفرز منها بتركيزات عالية إلى سطح الأوراق؛ حيث تغسل من عليها بواسطة الندى أو ماء المطر.

٤- تُسقط بعض النباتات الصحراوية المحبة للملوحة أوراقها عند زيادة محتواها من الأملاح عن مستوى معين؛ الأمر الذى يمنع تراكم الأملاح فى باقى أجزاء النبات. وبالرغم من أن هذا الأسلوب فى التخلص من الأملاح ذو كفاءة عالية، إلا أن قيمته الزراعية - فى المحاصيل الاقتصادية - مشكوك فيها (عن Rains ١٩٧٩).

٥- يمكن للنباتات أن تؤمن لنفسها توازناً أسموزيا Osmoregulation داخليا عن طريق خاصية النفاذية الاختيارية للأغشية الخلوية التى قد تسمح بمرور أيون معين إلى داخل الخلية، وتمنع أيوناً آخر، وقد تعمل على نقل أيون ثالث خارج الخلية. ويكون اختيار الأغشية الخلوية للأيونات التى تسمح بنفاذها حسب أهميتها للنبات ومدى حاجته إليها. ويكون للأغشية الخلوية المعرضة للبيئة الخارجية (فى الشعيرات الجذرية) دورها فى تحديد الأيونات التى يُسمح بمرورها إلى داخل النبات عندما يكون تركيز الأملاح منخفضاً أو متوسطاً. أما عند زيادة تركيز الأملاح فإن الكميات الممتصة من الأيونات غير المرغوب فيها يزداد بصورة غير مناسبة؛ الأمر الذى يستتبع قيام الأغشية الخلوية الداخلية بعملية التنظيم الأسموزى فى الفجوات العصارية (Rains ١٩٨١).

٦- يعرف كثير من الأنواع النباتية - التى يرتبط تحملها للتركيزات العالية من كلوريد الصوديوم - بقدرتها على استبعاد أيون الكلور، أو أيون الصوديوم، أو كليهما من الوصول إلى النموات الخضرية من خلال أنظمة فيزيائية كيميائية خاصة، والتى منها إفراز الصوديوم من الجذور إلى التربة مرة أخرى، وقيام خلايا متخصصة من برانشيمية الخشب بالامتصاص.

ومن أمثلة تلك النباتات ما يلى (عن Jones ١٩٨١):

النوع النباتى	الأيون المُستبعد
الشعير	الكلوروالصوديوم
Féstuca rubra	الكلوروالصوديوم
القمح Triticum aestivum	الكلوروالصوديوم
Agropyron elongatum	الكلوروالصوديوم
فول الصويا	الكلور
الأفوكادو	الكلور
العنب	الكلور
الحمضيات	الكلوروالصوديوم
الفواكه ذات النواة الحجرية	الكلوروالصوديوم

التنظيم الآسموزى وأهميته

نجد أن معظم النباتات الثنائية الفلقة المحبة للملوحة halophytes عصيرية succulent، ويتراكم فى فجواتها العصيرية تركيزات عالية من أيونى الصوديوم والكلور. كما يكون تركيز هذين الأيونين فى سيتوبلازم هذه النباتات أعلى مما فى النباتات العادية (القلية أو المتوسطة التحمل للملوحة mesophytes).

ولكى تحقق تلك النباتات توازناً آسموزيا بين الفجوات والسيتوبلازم.. يتراكم بسيتوبلازم خلاياها تركيزات عالية جداً من المواد العضوية الذائبة organic solutes ، مثل البرولين Proline، والجليسين بيتين glycinebetaine، والسوربتول Sorbitol، والجليسرول، وحامض الأوكساليك، والبيتين betaine، وغيرها حسب النوع النباتى. كما أن الأحماض العضوية ذات

الشحنة السالبة - مثل حامض الأوكساليك - تعمل على إحداث توازن مع أيونات الصوديوم المتراكمة ذات الشحنة الموجبة، ويعرف ذلك باسم التنظيم الآسموزى Osmoregu-lation.

ومن المعلوم أن نشاط عديد من الإنزيمات يتأثر سلبيا بالمركبات الذائبة غير العضوية، بينما يكون ضرر المركبات العضوية الذائبة معدوماً أو قليلاً فى التركيزات العالية.

وبالرغم من الدراسات العديدة التى أجريت على موضوع التنظيم الآسموزى فى النباتات، فإنه لايوجد اتفاق بين الباحثين لا على دوره، ولا على أهميته.. حتى لقد ذكر البعض منهم أن تراكم البرولين والجليسين بيتين يكون مصاحبا بزيادة القدرة على تحمل الملوحة فى بعض الأنواع النباتية، إلا أن ذلك الأمر لايحدث فى كل الحالات. كذلك ذكر البعض أن تراكم الجليسين بيتين فى النباتات يساعدها على زيادة تحملها للملوحة، ولكن ذلك التراكم ليس شرطاً لاغنى عنه لتحمل الملوحة فى النباتات الراقية.

كما أن دور البرولين فى التنظيم الآسموزى فى النباتات موضع جدل. فالبرولين يتراكم فعلا فى النباتات التى تتعرض لظروف قاسية (وخاصة نقص الرطوبة الأرضية)، ولكن يبدو أن ذلك يحدث كاستجابة لصدمة آسموزية شديدة، أو - ربما - لسمية الأملاح.

ومن المعلوم أن المركبات النيتروجينية - مثل البرولين - تنظم بكفاءة عالية عملية تخزين النيتروجين الضرورى للنبات. ويعد البرولين مناسباً لتحقيق هذا الهدف؛ لأنه نشط آسموزيا، ومتوافق مع مكونات السيتوبلازم، ويمكن أن يتحول بسهولة إلى حامض الجلوتامك، وهو حامض أمينى مركزى فى عملية تنظيم تمثيل الأحماض الأمينية الأساسية الأخرى. وبذا.. فإن النبات المعرض للملوحة يمكنه استخدام البرولين كمخزون نيتروجينى، وفى التنظيم الآسموزى (عن Rains ١٩٨١).

ومن النباتات التى يتراكم فيها البرولين بكثرة فى ظروف الملوحة العالية كل من : Triglochin maritima، و Puccinellia maritima ، وكثير من الطحالب والبكتريا.

إن قائمة المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم cytosolutes ـ فى النباتات الراقية ـ فى ازدياد مستمر، وتتضمن كحولات السكر sugar alcohols ، والأحماض الأمينية الـdipolar ، ومشتقاتها. ومن الأمثلة الهامة لذلك مركب dimethylsulphonopropionate الذى يشيع وجوده فى الطحالب البحرية. وتوجد المركبات الـ Sulphonic فى النباتات الراقية، مثل: Wedelia biflora، و Ulva lactuca اللذين يتغير تركيز المركب فيهما بتغير تركيز الأملاح فى وسط نموهما.

ويبدو أنه توجد علاقة قوية بين نوع المركبات العضوية الذائبة التى تتراكم فى السيتوبلازم فى ظروف الملوحة العالية وبين الوضع التقسيمى، كما هو موضح فى جدول (٨ـ٢) (عن Jones ١٩٨١).

جدول (٨ ـ٢) : أمثلة لأنواع المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم فى بعض الأنواع النباتية.

المركب العضوى	العائلة	النوع النباتى
Glycinebetaine	Chenopodiaceae	Suaeda monoica
		Suaeda maritima
		Atriplex spongiosa
		Spinaceae oleracea
		Beta vulgaris
	Graminae	Spartina x townsendii
		Diplochne fusa
Proline	Graminae	Puccinellia matitima
		Triglochina moritima
Sorbitol	Plantaginaceae	Plantago maritima
		Plantago capensis
Prolinebetaine	Leguminoseae	Medicago sativa
Beta - dimethyl - sulphonio - propionate	Compositae	Wedelia biflora

كذلك تتراكم ـ فى السلالات التى تتحمل الملوحة ـ عند تعرضها لظروف الملوحة العالية ـ أنواع مختلفة من البروتينات ـ مثل البروتين 26k المسمى أوزموتين Osmotin . وقد وجد Jain وآخرون (١٩٩٣) طرزاً محددة لتراكم البولى بيبتيدات Polypeptides تحت ظروف الملوحة، تختلف باختلاف السلالات المتحملة للملوحة. وبالرغم من عدم التوصل إلى حقيقة الدور الفسيولوجى الذى تلعبه هذه البروتينات على وجه التحديد.. إلا أنه يعتقد بأنها تسمح للنباتات بعمل التأقلمات الحيوية والبنائية التى تمكنه من التعامل مع مستويات الملوحة العالية.

علاقة صفة تحمل الملوحة بالنمو النباتى فى النباتات المحبة للملوحة

ينبغى أن تكون الإنزيمات، أو الأغشية الخلوية، ومكونات تلك الأغشية فى السيتوبلازم ـ فى النباتات المحبة للملوحة ـ قادرة على تحمل التركيزات العالية للأيونات غير العضوية، والمواد العضوية الذائبة التى توجد فى خلاياها، أو تكون النباتات مزودة بخصائص لفصل تلك المواد عن الأجزاء النباتية الحساسة فى حجيرات خاصة، فيما يعرف بالـ Compartmentation .

ويتطلب تراكم المواد العضوية الذائبة فى تلك النباتات، والحاجة إلى أن تكون إنزيماتها قادرة على تحمل الملوحة (الأمر الذى قد يجعلها أقل كفاءة من نظيراتها فى النباتات العادية)، وتخصيص حجيرات للأملاح فيها، والتمييز ضد أيونى الصوديوم والكلور عند امتصاص النبات للماء الملحى من التربة..كل ذلك يتطلب بذل طاقة، تكون دائماً على حساب نمو النبات وقدرته الإنتاجية. ولذا.. نجد أن النباتات الملحية تكون ـ دائماً ـ أقل نمواً وإنتاجية من النباتات العادية، كما أنها تعطى أعلى نمو ممكن لها عندما تنمو فى بيئات يقل فيها تركيز الأملاح عما تكون عليه الحال فى البيئات التى تنمو فيها بصورة طبيعية (عن Rains ١٩٧٩، و Austin١٩٨٩).

ويتعين الانتباه إلى تلك الحقيقة عند محاولة الاستفادة من صفة تحمل الملوحة (التى

توجد فى النباتات البرية المحبة للملوحة) بمحاولة إدخالها فى النباتات المزروعة؛ ذلك لأن النباتات البرية تصل إلى مرحلة الإزهار والإثمار فى وقت قصير على حساب نموها الخضرى (بهدف زيادة قدرتها على البقاء)؛ بينما يكون الهدف من زراعة المحاصيل الزراعية هو المحصول الاقتصادى الذى يعتمد ـ غالباً ـ على النمو النباتى الجيد. ولذا.. نجد أن أنواع الجنس Lycopersicon البرية التى تتحمل الملوحة يكون نموها ضعيفاً مقارنة بنمو أصناف الطماطم التجارية (عن Tal ١٩٨٤).

علاقة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة بالاتجاه الذى يسلكه المربى فى تربية المحصول

يتوقف الاتجاه الذى يسلكه المربى لتحسين تحمل نباتاته للملوحة (أو الأساس الفسيولوجى المناسب لصفة تحمل الملوحة) على تركيز الأملاح فى الوسط أو البيئة التى يراد زراعة تلك النباتات فيها، كما يلى :

١ـ عندما تتوفر الأملاح فى البيئة بصورة غير عادية، ولكن بتركيزات منخفضة نسبياً :

يكون تحقيق التوازن الآسموزى مع الأملاح الخارجية ـ فى هذه الحالة ـ مقبولاً أيضياً؛ ذلك لأن ضرر الملح ـ عندما يوجد بتركيزات منخفضة فى البيئة الخارجية ـ يرجع أساساً إلى امتصاصه بكميات كبيرة، ثم انتقاله إلى مختلف الأنسجة النباتية. ويؤدى مجرد الحد من امتصاص الملح ـ فى هذه الحالة ـ إلى زيادة تحمل النبات للملوحة. ويعد الأرز والذرة من المحاصيل التى تستجيب لهذا الاتجاه فى التربية.

٢ـ عندما تتواجد الأملاح بتركيزات متوسطة :

لا يكفى مجرد التمييز ضد أيونى الصوديوم والكلور فى الامتصاص عندما يتواجدان فى المحلول الأرضى بتركيزات عالية، بل ينبغى أن يكون النبات قادراً على تحقيق توازن آسموزى مع الكميات التى تُمتص منهما، والتى يتعين فصلها فى الفجوات العصارية، مع

زيادة تركيز المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم لتحقيق التوازن المطلوب. ويعد الشعير والقمح وجنساهما (Hordeum، و Triticum) من النباتات التى تستجيب لهذا الاتجاه فى التربية لتحمل الملوحة، ولكن يحد من التقدم فى التربية - فى تلك الحالات - أن قدرة هذه النباتات على تكوين مزيد من الفجوات العصارية الكبيرة محدودة.

٣- عندما تتواجد الأملاح فى البيئة الخارجية بتركيزات عالية :

يتعين فى هذه الحالات أن تكون النباتات قادرة على تخصيص حجيرات للأملاح مفصولة عن السيتوبلازم، كما فى النباتات العصيرية، أو أن يوجد فيها غدد ملحية للتخلص من الأملاح الزائدة، وخاصة فى النباتات غير العصيرية السريعة النمو. وهذه النباتات تكون بطبيعتها من المحبة للملوحة (Yeo & Flowers ١٩٨٩).

تقييم النباتات لتحمل الملوحة

يُواجَه المربى الذى يهتم بتحسين تحمل النباتات للملوحة بمشكلة كبرى، وهى أن صفة التحمل ليست صفة بسيطة، وإنما هى محصلة لعدة صفات تعتمد على أسس فسيولوجية مختلفة يصعب - غالبا - تحديدها. إن الشكل الظاهرى النهائى للنبات (والمتمثل فى استجابته للملوحة) ربما لايكون دليلاً على قيمته الوراثية الحقيقية - بالنسبة لتحمله للملوحة - لأن الصفات المفيدة يمكن أن يختفى دورها فى وجود عوامل أخرى؛ فيبدو النبات حساساً.

إن تقييم النباتات للملوحة - بزراعتها فى وسط ملحى - قد يترتب عليه إظهار بعض الاختلافات المورفولوجية المتوفرة، ولكن عدم ظهور اختلافات مورفولوجية لايعنى عدم وجود تباينات وراثية مفيدة. ومن الأهمية بمكان التعرف على تلك التباينات؛ ليمكن جمعها فى تركيب وراثى واحد (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

العمر المناسب للتقييم

قيم الباحثون النباتات لتحمل الملوحة فى مراحل مختلفة من نموها؛ بدءا بمرحلة تشبع

البذرة بالماء، ومروراً بإنباتها (فى الدراسات المختبرية)، وبزوغ البادرات من التربة، ومراحل: نمو البادرات، وتكوين الخلفات، والنبات البالغ. ولا يوجد اتفاق بين الباحثين حول العلاقة بين تحمل الملوحة ومرحلة النمو النباتى. ويمكن أن نجد فى داخل المحصول الواحد ـ مثل الشعير ـ اختلافات بين السلالات فى تحملها للملوحة فى مختلف مراحل نموها (Norlyn ١٩٨٠). كما أن طبيعة تحمل الملوحة ـ أى أساسها الفسيولوجى ـ يختلف باختلاف مرحلة النمو النباتى.

وقد أظهرت نتائج عديد من الدراسات أن الملوحة يمكن أن تقلل من سرعة إنبات البذور، بينما قد لايكون لها تأثير فى نسبة الإنبات النهائية. كما أظهرت بعض النباتات تحملاً أكبر للملوحة فى طور البادرة عما فى مراحل النمو التالية، بينما كان العكس صحيحاً فى نباتات أخرى. ويصر بعض الباحثين على أن تحمل الملوحة فى مرحلة إنبات البذور هى أفضل دليل على تحمل النبات للملوحة؛ لأن عدم قدرة البذور على الإنبات فى وجود الملوحة يجعل أية قدرة محتملة لتحمل الملوحة ـ فى مراحل النمو اللاحقة لذلك ـ عديمة الجدوى إذا كانت زراعة النباتات فى أراض ملحية، أو كان ريها بمياه يرتفع فيها تركيز الأملاح منذ البداية (عن Ramage ١٩٨٠).

الاعتماد على خاصية تراكم المركبات العضوية الذائبة

برغم أن عديداً من المركبات العضوية الذائبة تتراكم فى السيتوبلازم ـ فى النباتات التى تتحمل الملوحة لدى تعرضها لظروف الملوحة ـ إلا أنه لايمكن الاعتماد على تلك الخاصية كوسيلة روتينية للتقييم للملوحة فى مختلف الأنواع النباتية؛ لاختلافها فى أنواع المركبات التى تتراكم فيها، ولاختلاف الآراء حول كون تلك المركبات وسيلة من جانب النبات لزيادة قدرته على تحمل الملوحة، أم أنها تتكون بسبب الأضرار التى تحدثها الملوحة العالية.

الرى بمياه البحر لتقييم تحمل النباتات للملوحة

يحتوى ماء البحر على تركيزات منخفضة جداً من عنصرى النيتروجين والفوسفور، وكميات وافرة من عنصرى البوتاسيوم والكالسيوم، وتركيزات عالية من عنصرى المغنيسيوم

والكبريت. ولكن الصفة المميزة الواضحة لمياه البحر هي احتواؤها على تركيز عالٍ جداً من عنصرى الصوديوم والكلور يصل إلى نحو ٠,٥ مولار كلوريد صوديوم. ومن جميع هذه العناصر.. فإن الصوديوم ليس من العناصر الضرورية للنباتات الراقية، بينما يعد الكلور من العناصر الصغرى (جدول ٨ ـ ٣).

جدول (٨ـ٣) : متوسط تركيز مختلف العناصر فى مياه البحر (عن Cooper ١٩٨٢)

العنصر	التركيز (جزء فى المليون)
النيتروجين	٠,٥
الفوسفور	٠,٠٥
البوتاسيوم	٣٨٠
الكالسيوم	٤٠٠
المغنيسيوم	١٢٧٠
الحديد	٠,٠١
المنجنيز	٠,٠٠٥
البورون	٤,٦
النحاس	٠,٠٤
الموليبدنم	٠,٠٠١
الزنك	٠,٠١
الصوديوم	١٠٥٦٠
الكلور	١٨٩٨٠
الكبريت	٨٨٤
البروم	٦٥
الاسترونتيم	١٣
السيليكون	٢
الألومنيوم	١
الفلور	١,٤
اليود	٠,٠٥

وبالمقارنة بمياه البحر.. فإن المحلول الأرضى يكون فى معظم الأراضى مخففاً، ويمثل تركيز الأيونات فيه محصلة النقص فى تلك العناصر الناشئ عن امتصاص النبات لها، والزيادة الناشئة عن تيسرها من صورها غير الذائبة فى التربة. وتتأثر تلك المحصلة بعديد من العوامل، مثل : الأمطار، والرى، والتسميد، ونشاط الجذور والكائنات الدقيقة التى تعيش فى التربة. أما المحاليل المغذية.. فإنها تحتوى على تركيزات عالية ـ بالتركيز المناسب للنمو النباتى ـ من جميع العناصر الضرورية للنبات (جدول ٨ـ٤).

جدول (٨ ـ٤) : مقارنة بين تركيز العناصر المغذية الكبرى للنبات (بالجزء فى المليون) فى المحلول الأرضى لتربة عادية، وفى محلول مغذ قياسى، وفى ماء البحر (عن Epstein وآخرين ١٩٧٩).

العنصر	المحلول الأرضى	المحلول المغذى	ماء البحر
البوتاسيوم	٣٠	٢٣٥	٣٨٠
الكالسيوم	٧٥	١٦٠	٤٠٠
المغنيسيوم	٧٥	٢٤	١٢٧٢
النيتروجين	١٠٠	٢٢٤	٠,٠٠١ ـ ٠,٧٠
الفوسفور	٠,٠١٥	٦٢	٠,٠٠١ ـ ٠,١٠
الكبريت	٣٨	٣٢	٨٨٤

الرى بمحاليل ملحية مجهزة لتقييم تحمل النباتات للملوحة

لم يقتصر تقييم النباتات لتحمل الملوحة على استعمال كلوريد الصوديوم فقط فى وسط النمو؛ حيث استخدمت أيضا أملاح كلوريد الكالسيوم، وكلوريد البوتاسيوم، وكبريتات البوتاسيوم، وكلوريد المغنيسيوم، وكبريتات المغنيسيوم، وكربونات الصوديوم، وبيكربونات

الصوديوم، وكبريتات الصوديوم. وقد استخدمت تلك الأملاح إما منفردة، وإما فى توافيق مختلفة مع كلوريد الصوديوم، وإما مع بعضها البعض.

كذلك درست استجابة النباتات للأملاح بزراعتها فى أراض ملحية، وبالرى بمياه ملحية تحتوى على تركيزات مختلفة من مختلف الأملاح. وتظهر النباتات ـ عادة ـ قدراً أكبر من الحساسية للملح المنفرد عما تظهره لمجموعة من الأملاح التى تستخدم معاً. وربما كان ذلك بسبب عدم التوازن فى العناصر المغذية، والسمية التى قد تحدثها أيونات معينة عند استخدام ملح واحد منفرد فى التقييم لتحمل الملوحة (عن Ramage ١٩٨٠).

مقاييس تحمل الملوحة فى النباتات

من أهم المقاييس التى استخدمت فى تقييم النباتات لتحمل الملوحة مايلى :

١ـ معدل تشرب البنور بالماء معبراً عنه بالزيادة فى وزن البذور، أو حجمها.

٢ـ نسبة الإنبات.

٣ـ سرعة الإنبات؛ علما بأن الملوحة تؤثر فى سرعة الإنبات بدرجة أكبر من تأثيرها فى نسبة الإنبات النهائية.

٤ـ بقاء البادرات حية تحت ظروف الملوحة.

٥ـ معدل نمو البادرات.

٦ـ الوزن الطازج للبادرات.

٧ـ النمو الجذرى والقمى.

٨ـ ارتفاع النبات.

٩ـ القدرة على تكوين الخلفات.

١٠ـ مساحة الأوراق.

١١ـ وزن المحصول الاقتصادى ومختلف مكوناته.

١٢ـ القدرة على امتصاص عنصر البوتاسيوم تحت ظروف الملوحة.

١٣ـ الحركة الدورانية للسيتوبلازم.

١٤ـ بلزمة الخلايا.

١٥ـ معدل التنفس.

١٦ـ القدرة على البقاء فى الظروف الملحية (عن Shannon ١٩٧٩، وRamage ١٩٨٠).

ويجب أن يكون التقييم فى مرحلة معينة من النمو النباتى، وباستخدام مستوى معين من الأملاح، لايكون تركيز الكالسيوم منخفضاً فيها. ويرغم أن النباتات التى تنتخب لتحمل الملوحة فى طور مبكر من النمو ربما لاتكون مقاومة فى مراحل أخرى متأخرة، إلا أن التقييم فى مراحل النمو المتأخرة يستلزم وقتاً وجهداً أكبر، ويكون أكثر تكلفة، ويتطلب طرقاً للتقييم أكثر تعقيداً.

التقييم لتحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة

لقد أمكن ـ فى عدة حالات ـ إنتاج سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من الملوحة فى مزارع الأنسجة، ولكن حالات قليلة منها فقط هى التى استمرت فيها الدراسة إلى حين إنتاج نباتات كاملة من تلك السلالات، واختبار مقاومتها للملوحة تحت ظروف الحقل. وإلى أن تتحقق تلك الخطوة يظل من المستحيل تعرف الفرق بين سلالات الخلايا القادرة على تحمل الملوحة (لأنها تحمل جينات مفيدة فى هذا الشأن)، وتلك التى تكون قادرة على مجرد تحمل الضغط الأسموزى العالى (وليس تحمل الملوحة)، والسلالات التى تعتمد فى تحملها للملوحة على توفر عديد من الموارد اللازمة لها فى البيئة المغذية.

ومن أهم مزايا استخدام مزارع الأنسجة فى الانتخاب لتحمل الملوحة ما يلى:

١ـ عدد الخلايا الكبير الذى يمكن تقييمه لتحمل الملوحة، وسهولة إجراء اختبار التقييم، وتجانس الاختبار.

٢ـ سهولة التعامل مع الخلايا المفردة ودراسة الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة فيها عن النباتات الكاملة.

٣ـ تواجد فرصة أكبر لنشوء اختلافات وراثية فى مزارع الخلايا عما فى النباتات الكاملة، مع سهولة معاملة المزارع بالعوامل المطفرة.

٤ـ يفيد استخدام مزارع الخلايا الأحادية فى اكتشاف الطفرات المتنحية التى تتحمل الملوحة بسهولة.

ولعل أكبر عيوب مزارع الأنسجة فى هذا الشأن أن طبيعة تحمل الملوحة فى سلالات الخلايا قد تختلف جذريا عما فى النباتات الكاملة. ولهذا السبب.. فقد كان النجاح فى إنتاج نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة ـ بهذه الطريقة ـ محدوداً. وحتى فى تلك الحالات (كما فى التبغ) كان من الضرورى استمرار تعريض المزارع والنباتات التى نشأت منها ـ فى جميع مراحل إنتاجها وإكثارها الجنسى بعد ذلك ـ تحت ظروف الملوحة العالية للمحافظة على بقاء صفة تحمل الملوحة فيها.

وفى إحدى الدراسات تبين أن نباتات التبغ المتحملة للملوحة ـ والتى أمكن الحصول عليها من مزارع الخلايا ـ كانت سداسية التضاعف؛ الأمر الذى يضيف إلى قوة نمو السلالة المنتخبة، مما يفيد أن انتخابها يحتمل أن يكون راجعاً إلى قوة نموها الطبيعى، وليس إلى تحملها للملوحة (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

وعلى خلاف ذلك.. فقد أوضحت الدراسات التى أجريت على البرسيم الحجازى أن سلالات الخلايا ـ التى انتخبت لتحملها للملوحة ـ كانت أكثر قدرة على النمو فى البيئة

الملحية عما فى البيئة الخالية من الملوحة؛ فقد نمت السلالة المنتخبة بصورة أفضل من الخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم فى الببيئة المغذية ١٪، وتطلبت تلك السلالة المنتخبة وجود كلوريد الصوديوم بتركيز ٠.٥٪ لإعطاء أفضل نمو، بينما كان نموها فى غياب كلوريد الصوديوم ٢٠٪ من نمو الخلايا غير المنتخبة (وغير المتحملة للملوحة) فى ظروف غياب الملوحة. هذا.. بينما تساوى نمو السلالة المنتخبة لتحمل الملوحة والخلايا غير المنتخبة عندما كان تركيز كلوريد الصوديوم فى البيئة المغذية ٠.٥٪ (عن Rains ١٩٨١).

ومن أمثلة الدراسات التى أجريت فى هذا المجال ما قام به Bourgeais (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى مزارع صنف الطماطم St-Pierre بتكرار زراعتها أربع مرات فى بيئات تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ١٠٠مللى مول، واستخدم فى هذه المزارع إما القمة الطرفية للسيقان، وإما كالس حصل عليه من جذور وسيقان النباتات.

ويذكر Stavarek & Rains (١٩٨٤)، و Duncan & Widholm (١٩٨٦) أنه أمكن انتخاب سلالات خلايا Cell Lines مقاومة للملوحة من مزارع الخلايا لعدة محاصيل زراعية، منها الفلفل، والبرتقال، وقصب السكر، والبن، والأرز، والقمح، والشوفان، والدُخن اللؤلؤى، والقلقاس، والبرسيم الحجازى، والتبغ، والداتورة.

وتكمن المشكلة ـ فى برامج التربية التى من هذا النوع ـ فى صعوبة الحصول على نباتات كاملة من سلالات الخلايا المنتخبة لمقاومة الملوحة (أو غيرها من العوامل البيئية)؛ ففى البرسيم الحجازى.. كانت المزرعة التى أجرى فيها الانتخاب قديمة، وحدث فيها تغيرات وراثية فى صفات كثيرة إلى درجة لم تسمح بنمو النباتات التى تميزت منها لاختبار مقاومتها للملوحة وإكثارها. وفى الأرز.. كانت النباتات المقاومة للملوحة الناتجة من سلالات الخلايا عقيمة بدرجة عالية. وفى القلقاس.. ماتت النباتات النامية من سلالات الخلايا قبل

اختبارها، ولكن أمكن الحصول على نباتات من مزارع الدخان كانت قادرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على ٢.٦٢٪ كلوريد صوديوم.

وقد تراوح تركيز كلوريد الصوديوم الذى تحملته سلالات الخلايا - فى مزارع الأنسجة - من ٠.٥٢٪ فى مزارع الخلايا المعلقة Cell suspension culture فى التبغ إلى ١.٠٪ فى مزارع الكالوس فى Nicotiana sylvestris ، والفلفل، والبرسيم الحجازى، وإلى ١.٥٪ فى مزارع الكالوس فى الأرز، و ٢.٠٪ فى مزارع الخلايا المعلقة فى N. Sylvestris .

وتتميز سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة (كما فى البرسيم الحجازى) بزيادة محتواها من أيون البوتاسيوم - حتى فى وجود تركيزات عالية من أيون الصوديوم - وهى تتشابه فى ذلك مع النباتات الكاملة التى تتحمل الملوحة (عن Rains ١٩٨١).

وقد أمكن انتخاب نباتات من المسترد الهندى Brassica juncea (صنف Prakish) بتقييم النباتات التى نتجت من زراعة ٢٦٢٠ ورقة فلقية فى بيئة ملحية؛ حيث عاشت ٣ نباتات منها، وأنتجت نمواً خضرياً جيداً فى تلك البيئة. أكثرت تلك النباتات باستخدام مزارع البراعم الإبطية فى بيئة خالية من كلوريد الصوديوم. وقد استمر نمو اثنتين من تلك السلالات إلى أن أنتجتا بنوراً.

زرعت هذه النباتات فى الصوبة؛ حيث أظهرت انعزالات كثيرة فى كل الصفات التى درست. ومع استمرار الانتخاب فيها لثلاثة أجيال، أظهرت النباتات التى تتحمل الملوحة قدراً كبيراً من التجانس فى الصفات الاقتصادية الهامة، وأيضاً فى مقاومة الملوحة، إلا أن السلالتين اختلفتا فى صفة تحملهما للملوحة خلال مراحل نموهما الخضرية والتكاثرية (Jain وآخرون ١٩٩٠).

كذلك تمكن Bouharmont (١٩٩٠) من انتخاب عدة سلالات من أصلى الموالح Poncirus trifoliata، و Citrange carrizo بتحفيز تكوين نموات خضرية جديدة من نموات الكالوس

التى تنتج من زراعة أجنة هذين النوعين - لمدة خمسة شهور - فى بيئة تحتوى على ١٪ كلوريد صوديوم. وقد تميزت النباتات التى أنتجت من تلك المزارع بقدرتها على النمو فى محاليل مغذية تحتوى على كلوريد صوديوم بتركيز ١٪، بينما لم يمكن لنباتات المقارنة تحمل تركيز ٠.٢٥٪ كلوريد صوديوم. وقد نمت أنسجة الكالوس التى نتجت من زراعة أجنة تلك النباتات - بنجاح - فى بيئات مغذية ملحية.

ومقارنة بسلالات الخلايا غير المنتخبة لتحمل الملوحة.. تمكنت سلالات الموالح المنتخبة لتحمل الملوحة من احتفاظها بمستوى طبيعى من أيونى البوتاسيوم والكالسيوم، بالرغم من وجود تركيز عال من أيونى الصوديوم والكلور فى البيئة المغذية. وقد تراكم أيونى الصوديوم والكلور بتركيزات عالية فى الفجوات العصارية لسلالات خلايا أصل الـPoncirus المنتخبة لتحمل الملوحة، بينما لم يحدث ذلك فى سلالات خلايا أصل الـ Citrange التى بدت كأنها قادرة على استبعادهما.

كذلك تمكن الباحث (Bouharmont ١٩٩٠) من الحصول على نباتات أرز قادرة على تحمل الملوحة من مزارع كالوس تحتوى على ١.٥٪ كلوريد صوديوم، وذلك بعد نحو أربعة شهور من تعرض خلايا الكالوس لتلك الظروف.

يتبين مما تقدم أن انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل الملوحة فى مزارع الأنسجة أمر ممكن، وإنتاج نباتات من الخلايا أمر ممكن - أيضاً - فى عديد من النباتات، ولكن إنتاج النباتات من سلالات الخلايا المنتخبة لتحملها للملوحة كان إلى الآن محدوداً (ربما بسبب بقاء المزارع لمدة طويلة قبل محاولة إنتاج النباتات منها)، كما كانت النباتات الكاملة الناتجة من سلالات الخلايا - فى عديد من تلك الحالات - غير متميزة فى تحملها للملوحة؛ أى إنها لم تكن أكثر تحملاً للملوحة من نباتات الصنف أو السلالة الأصلية التى استخدمت فى عمل مزارع الأنسجة، وهو ما يجعلها - فى مثل هذه الحالات - عديمة الأهمية. ومع

ذلك.. فقد كانت هناك حالات قليلة ـ من مزارع الأنسجة ـ تميزت فيها نباتات كاملة قادرة على تحمل الملوحة.

وراثة صفتى القدرة على تحمل الملوحة والحساسية لها

إن الحالات التى تعرف فيها جينات رئيسية تتحكم فى صفة تحمل الملوحة أو الحساسية لها قليلة، ومن أمثلتها ما يلى :

١ـ يتحكم جين واحد متنحٍ فى صفة الحساسية لكلوريد الصوديوم فى فول الصويا؛ حيث لايمكن للنباتات الحاملة لهذا الجين ـ بحالة أصيلة ـ منع انتقال أيون الكلور من الجذور إلى النموات الخضرية.

٢ـ يتحكم جين آخر متنح sd (نسبة إلى فعل الجين Scabrous diminutive) فى صفة الحساسية للملوحة العالية فى الفلفل؛ حيث تكون النباتات الحاملة له بصورة أصيلة أقل كفاءة فى استبعاد الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم من النباتات العادية؛ الأمر الذى يؤدى إلى حالة من عدم التوازن الأيونى فى النبات.

٣ـ تعرف طفرة تؤدى إلى انخفاض فى الضغط الأسموزى بخلايا النبات Arabidopsis thaliana .

٤ـ يوجد فى الذرة طفرة يوجد بها نقص فى البرولين. وبالمقارنة.. تعرف طفرة فى البكتيريا Salmonella typhimurium يزيد فيها إنتاج البرولين (عن Tal ١٩٨٤).

وقد درس Ashraf وآخرون (١٩٨٦) درجة توريث القدرة على تحمل الملوحة ـ على النطاق الضيق ـ فى سبعة أنواع نباتية، وكان دليلهم على تحمل الملوحة هو مدى نمو جذور النباتات بعد بقائها لمدة ثلاثة أسابيع فى محلول مغذٍ يحتوى على كلوريد الصوديوم. وكانت درجات التوريث المقدرة كما يلى :

النــوع	درجة التوريث على النطاق الضيق
Lolium perenne	٠,٤٤
Dactylis glomerata	٠,٣٢
Agrostis stolonifera	٠,٢٨
A. castellana	٠,٢٦
Holcus lanatus	٠,١٩
Festuca rubra	٠,٤٤
Pucinnellia distans	٠,٧٢

ولمزيد من التفاصيل عن وراثة وفسيولوجيا تحمل الملوحة فى النباتات.. يراجع Staples & Toenniessen (١٩٨٤).

التقدم فى التربية لتحمل الملوحة فى بعض المحاصيل الاقتصادية

نتناول بالشرح ـ فيما يلى ـ الجهود التى بذلت لأجل زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى بعض المحاصيل الاقتصادية، ونعرج ـ أثناء دراستنا لتلك الجهود ـ على ذكر مصادر صفة تحمل الملوحة فى كل محصول منها، ووراثتها، وطبيعتها، وطرق التقييم التى اتبعت لأجل التعرف عليها.

الأرز

قيم فى معهد بحوث الأرز الدولى (IRRI) بالفلبين أكثر من ٥٥٠٠ سلالة من الأرز لتحمل الملوحة؛ حيث أظهرت نحو ٢٠٠ـ٣٠٠ سلالة منها تحملاً للملوحة تحت ظروف كل من الصوبة والحقل.

وقد أجرى التقييم الأولى لتلك السلالات فى محاليل مغذية تراوحت درجة توصيلها الكهربائى (EC) من ٨ ـ١٢ مللى موز/ سم؛ بإضافة كل من كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم، وأملاح مياه البحر المجففة إلى المحلول المغذى. وقد أعطيت نباتات كل سلالة درجة لشدة تأثرها بالملوحة على مقياس من تسع درجات ١ إلى ٩؛ حيث تنمو النباتات فى درجة (١) وتكون خلفات بصورة طبيعية تقريباً، وفى درجة (٩) تموت معظم النباتات.

وأوضحت تلك الدراسات أن الأصناف التى تبدى تحملاً للملوحة العالية فى مرحلة نمو البادرة ربما تكون قادرة أو غير قادرة على تحمل الملوحة فى المراحل التالية من نموها. ويظهر ذلك فى جدول (٨ ـ٥)، الذى يتضح منه كذلك أن سلالتين أظهرتا قدراً عالياً من تحمل الملوحة؛ حيث كان محصولهما النسبى ٩٢٪ و٩٨٪. كذلك يتبين من الجدول أن السلالات التى أظهرت قدراً من تحمل الملوحة أعطت ـ بصورة عامة ـ محصولاً نسبياً جيداً.

جدول (٨ ـ٥) : متوسط شدة أضرار الملوحة، ومحصول الحبوب النسبى لعشر سلالات من الأرز.

السلالـــة	متوسط شدة أضرار الملوحة(أ) أربعة أسابيع بعد الشتل	١٢ أسبوعاً بعد الشتل	محصول الحبوب النسبى(ب) (٪)
IR 28	٣,٠	٨,٣	٧
IR 2061 - 465	١,٠	٤,٣	٣٨
IR 2153 - 26 - 3	١,٠	١,٧	٦٥
IR 2681 - 163	١,٧	٤,٣	٣٥
Banik Kuning	١,٠	٢,٣	٧٦
Kalarata 1 - 24	١,٠	١,٠	٩٨
Kuatik Serai	١,٠	١,٠	٧٠
Mala Kuta	١,٧	٨,٠	١٠
Mi Pajang	٢,٣	٧,٧	٨
Pulat Daeing	١,٧	١,٠	٩٢

أ) شدة الاصابة على مقياس من ١ إلى ٩، حيث ١ = تنمو النباتات وتكوّن خلفاتها بصورة طبيعية تقريبا، و ٩ = تموت معظم النباتات.

(ب) المحصــول النسبى = (المحصول فى الوسط الملحى/المحصــول فى الوسط العادى) × ١٠٠

وقـد استخــدمت نحـو ١٣ سـلالة من التى أظـهرت قـدراً كبيراً من تحمل الملوحـة فـى برنامـج للتربـة لنقـل صـفة التحـمل إلى الأصناف التجـارية الهامة (عن Frey ١٩٨١).

كذلك وجد Moeljopawiro & Ikehashi (١٩٨١) سلالات من الأرز تتحمل الملوحة - بدرجة عالية - عند مستوى ١٥,٢ مللى موز/ سم، وظهرت انعزالات فائقة الحدود عندما لقحت سلالات تتحمل الملوحة - بدرجات متباينة - معاً.

وتتفاوت أصناف وسلالات الأرز كثيراً فى طبيعة تحملها للملوحة العالية؛ فهناك الاختلافات فى امتصاص أيون الصوديوم، وفى انتقاله إلى الأوراق، وفى تحمل الأنسجة النباتية لتركيزاته العالية، وفى تخزينه فى حجيرات خاصة بالأوراق Leaf Compartmentation، بالإضافة إلى الاختلافات فى قوة النمو النباتى التى يعزى إليها أكثر من ٣٠٪ من الاختلافات فى تحمل الملوحة (جدول ٦٨).

جدول (٦٨) : التدرج النسبى لأربع سلالات من الأرز فى نقل أيون الصوديوم خارج نسيج الخشب، وتحمل النسيج النباتى له، وتخزينه فى حجيرات خاصة، وفى قوة نموها على مقياس من ١ (الصفة جيدة) إلى ٩ (الصفة رديئة).

السلالة أو الصنف	انتقال أيون الصوديوم	تحمل أنسجة النبات للصوديوم	فصل أيون الصوديوم فى حجيرات بالأوراق	قوة نمو النبات
IR 4630-22-2-5-1-2	٢	١	٤	٧
IR 15324-117-3-2-2	٩	٧	٥	٦
IR 10167-129-3-4	٦	٢	٣	٨
Nona Bokra	١	٧	٦	٢

يعنى النمو النباتى القوى (جدول ٨ ـ ٦) توفر نموات خضرية أكثر يمكن أن تتوزع عليها الأملاح الممتصة والتى تنقل إلى الأوراق؛ بحيث يصبح متوسط تركيز العنصر من الأملاح منخفضاً فى النباتات القوية النمو.

ومتى تساوت جميع العوامل الأخرى.. فإن تركيز الأملاح فى الأوراق يتناسب طردياً مع معدل النتح لكل وحدة نمو نباتى؛ وهو ما يعنى أن زيادة كفاءة النبات فى الاستفادة من الماء الممتص تقلل من أضرار الملوحة العالية. ويفيد ذلك فى اختيار الآباء لبدء برامج التربية؛ حيث يفيد استخدام السلالات والأصناف التى تتحمل الجفاف كآباء فى برامج التربية لتحمل الملوحة.

ولاشك فى أن تراكم الملح فى البروتوبلازم يعرض المناطق التى يتراكم فيها لنقص رطوبى حاد؛ ولذا فإن سرعة وصول الأملاح إلى الفجوات العصارية يعد عاملاً هاماً فى التمييز بين الأصناف فى قدرتها على استيعاب الأملاح التى تنتقل إلى أوراقها دون أن تعانى من أضرارها.

ويكون تركيز أيون الصوديوم فى خشب الأوراق الحديثة أقل بكثير مما فى خشب الأوراق المسنة؛ الأمر الذى يفيد ـ على الأقل ـ فى حماية بعض الأوراق من أضرار الملح التى تتمثل فى موتها المبكر.

وبناء على ما تقدم.. فإن اختيار الآباء فى برامج التربية لتحسين صفة تحمل الملوحة فى الأرز يجب أن يبنى على أساس الاعتماد على السلالات أو الأصناف التى تتحمل الملوحة لأسباب مختلفة؛ بهدف الجمع بين كل تلك الصفات فى تركيب وراثى واحد يكون أكثر تحملاً للملوحة من أى منها (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

القمح

قُيم فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية أكثر من ٥٠٠٠ صنف وسلالة من القمح لتحمل الملوحة (بطريقة يأتى بيانها تحت الشعير)؛ حيث أمكن التعرف على ٣٤ سلالة من القمح

الربيعي؛ كانت قادرة على النمو وإنتاج محصول من الحبوب في مستوى من الملوحة يعادل ٥٠٪ من ملوحة مياه البحر؛ وهو مستوى قاتل لجميع الأصناف التجارية من القمح (عن Epstein وآخرين ١٩٨٠).

ويقع الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن قدرة النبات الانتخابية لتفضيل أيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم Na^+/K^+ Selectivity (وهي صفة هامة في تحمل الملوحة) على كروموسوم واحد. ومن المعلوم أن القمح - وهو نبات هجيني سداسي التضاعف - يحتوي على الهيئات الكروموسومية لثلاثة أنواع نباتية، وهي التي تعرف بالرموز A، و B ، وD . وقد حصل القمح على الهيئة الكروموسومية D من Aegilops squarrosa. ويظهر هذا النوع - وكذلك بعض النباتات السداسية AABBDD - نسبة انتخابية عالية لأيون البوتاسيوم على أيون الصوديوم، مقارنة بالأنواع الرباعيةAA BB؛ الأمر الذي يرجح أن مردّ تلك الصفة إلى الهيئة الكروموسومية D. وقد أوضحت الدراسات السيتولوجية أن الجين المسئول - أو الجينات المسئولة - عن تلك الصفة تحمل - على الكروموسوم الرابع للهيئة الكروموسومية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

ويذكر Austin (١٩٨٩) أنه قد اُقترح ما لا يقل عن خمسة أنظمة مختلفة للتحكم في نسبة الصوديوم إلى البوتاسيوم؛ وهو ما يعني توفر خمسة جينات على الأقل في تلك الصفة، وربما كان عدد هذه الجينات أكبر من ذلك بكثير.

هذا.. ويعد Thinopyrum bessarabicum من النجيليات المعمرة الأكثر تحملاً للملوحة من أنواع الجنس Triticum، بما في ذلك القمح. وقد هجن هذا النبات مع أحد أصناف القمح Triticum aestivum، وأُنتج نبات هجيني متضاعف (بعد معاملة الجيل الأول بالكولشيشين) كان أكثر تحملاً للملوحة (عند تركيز ٢٥٠ مولاً/م٣) عن أي من أبوية. وقد أُرجعت تلك الصفة إلى زيادة كفاءة الهجين في استبعاد أيوني الصوديوم والكلور من الأوراق الصغيرة والأعضاء التكاثرية (عن Yeo & Flowers ١٩٨٩).

الشعير

قُيمت فى ولاية كاليفورنيا الأمريكية عشائر الشعير التالية لتحمل الملوحة العالية: الأصناف التجارية Arivat، و California Mariout، و U. C. Signal، وسلالة التربية S-68-1-11-22 (من أريزونا)، وهى سلالة ذات قدرة على تحمل الملوحة، وعشيرة تلقيح مركب Composite Cross تم تمثيله من التهجين بين ٦٢٠٠ تركيب وراثى من الشعير. زرعت هذه العشائر فى تربة رملية، ورويت بمياه البحر (المحيط الهادى) مباشرة. وقد أظهرت النباتات المختبرة تبايناً كبيراً فى القدرة على تحمل الموحة، وبلغ محصول النباتات المنتخبة منها - تحت هذه الظروف - نصف متوسط محصول الشعير فى الولايات المتحدة (عن Epstein & Norlyn ١٩٧٧).

كذلك يذكر Rains (١٩٨١) أنه قد تم - فى كاليفورنيا - تقييم مجموعة الشعير العالمية - وعددها ٢٢ ألف سلالة لتحمل الملوحة؛ وذلك بزراعة بذورها على مهاد توجد فى قمة صهاريج (تانكات) يتسع كل منها لنحو ٧٠٠ لتر؛ حيث ملئت بمحلول مغذ أُذيبت فيه الأملاح فى ٩٠٪ ماء بحر بدلاً من الماء العذب. وقد تركت البذور التى أنبتت وأعطت بادرات لتنمو حتى النضج وإنتاج محصولها من البذور.

وقد أوضحت تلك الدراسات أن تحمل سلالة مامن الشعير للملوحة فى مرحلة معينة من نموها لايعنى تحملها فى مراحل نموها الأخرى، كما أظهرت السلالات المختبرة تباينا فى مراحل النمو التى تتحمل فيها الملوحة، ولم تتضح أية علاقة بين قدرة بذور الشعير على الإنبات فى الملوحة العالية، وبين محصول الحبوب تحت الظروف نفسها. ويستفاد مما تقدم العمل على تجميع القدرة على تحمل الملوحة فى مراحل النمو المختلفة - من السلالات المختلفة - فى تركيب وراثى واحد بالتربية.

ولمزيد من التفاصيل عن تربية الشعير لتحمل الملوحة العالية فى كاليفورنيا.. يراجع Epstein وآخرين (١٩٧٩، و١٩٨٠)، وRains وآخرين (١٩٨٠).

ومن الجدير بالذكر أنه قد سبقت الإشارة إلى نجاح زراعة الشعير ـ وغيره من النباتات التي تتحمل الملوحة، مثل البنجر ـ في الأراضي الرملية والخفيفة القريبة من شواطئ البحار مع ريها بمياه البحر مباشرة، مع الاعتماد على الأمطار الغزيرة في غسيل الأملاح التي تتراكم في التربة خلال موسم نمو المحصول (عن Somers ١٩٧٩).

فول الصويا

يوجد في فول الصويا جين واحد سائد (Ncl) يتحكم في استبعاد أيون الكلور من النمو القمي للنبات؛ حيث يبلغ تركيز الكلور في النمو القمي للنباتات التي تحمل هذا الجين (بحالة سائدة أصيلة أو خليطة) حوالي ١٠٠٠ جزء في المليون، بينما يصل تركيزه في النمو القمي للنباتات المتنحية الأصلية في هذا الجين نحو ٧٠٠٠ جزء في المليون (عن Devine ١٩٨٢).

الطماطم

أولاً : طرق التقييم لمقاومة الملوحة ومصادر المقاومة

قام Taha (١٩٧١) بمقارنة عدد من أصناف الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل الملوحة، ووجد أنه يمكن تقسيمها إلى ثلاث مجموعات كما يلي :

١ ـ أصناف حساسة.. ومن أمثلتها الصنفان أيس Ace، وبيرل هاربر Pearl Harbor.

٢ ـ أصناف متوسطة التحمل للملوحة.. ومن أمثلتها الصنف برتشارد Prichard.

٣ ـ أصناف تتحمل الملوحة.. ومن أمثلتها الصنف الكريزي الثمار جريب Grape.

وظهرت صفة التحمل في عدة صور كما يلي :

١ ـ كان الصنف المتحمل للملوحة أكثر قدرة على الإنبات تحت ظروف الملوحة.

٢ ـ أدت زيادة تركيز الملوحة تدريجيا (من صفر إلى ١٢٠٠٠ جزء في المليون من

كلوريد الصوديوم) إلى حدوث نقص متزايد فى الوزن الطازج والجاف للنباتات، بينما ازدادت نسبة المادة الجافة بها. وكانت هذه التأثيرات فى الصنف جريب أقل وضوحاً مما فى بقية الأصناف.

٤ ـ أدت المستويات المرتفعة من الملوحة إلى نقص محتوى الأوراق من الكلوروفيل، وكان هذا التأثير أقل وضوحاً فى الصنف المقاوم.

٥ ـ احتوت الجذور والنموات الهوائية بالصنف الحساس أيس على أعلى نسبة من الصوديوم والكلور، وأقل نسبة من البوتاسيوم، والكالسيوم، والمغنيسيوم؛ مقارنة بالصنف المتحمل جريب، الذى احتوت أنسجته على أقل نسبة من الصوديوم والكلور، وأعلى نسبة من البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم، بينما كان الصنف برتشارد وسطاً بينهما.

٦ ـ مع زيادة الملوحة.. نقص وزن الثمرة وحجمها، بينما ازداد محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والسكريات الذائبة والمختزلة، وفيتامين جـ.

٧ ـ بمقارنة تأثير الأنواع المختلفة من الأملاح.. وجد أن كلوريد الصوديوم كان معوقاً للنمو الخضرى بدرجة كبيرة، بعكس كبريتات الصوديوم التى كانت شديدة الضرر على الأعضاء الزهرية والثمرية. وكان الضرر أكثر فى الصنف أيس مقارنة بالصنف جريب.

وقد قارن Hassan & Desouki (١٩٨٢) ٢٢ صنفاً وسلالة من الطماطم؛ من حيث قدرتها على تحمل التركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم، ووجدا أنها ـ جميعا ـ كانت حساسة، وكان الصنف إدكاوى أقلها حساسية. وقد تأكدت ـ بعد ذلك ـ المقاومة النسبية لهذا الصنف من دراسات Mahmoud وآخرين (١٩٨٦)، و Hashim وآخرين (١٩٨٨).

وتتوفر القدرة على تحمل الملوحة العالية فى عدد من سلالات بعض الأنواع البرية. ويعد النوع L. cheesmanii f. minor ـ الذى ينمو برياً فى جزر جالاباجوس ـ أكثر أنواع الجنس Lycopersicon تحملاً للملوحة. ومن بين سلالات هذا النوع كانت السلالة LA1401

أكثرها تحملاً، وهى سلالة جمع C.M.Rick بذورها الأصلية من نباتات كانت نامية على صخور على مسافة ٥ أمتار، وبارتفاع مترين من خط المد بالساحل الشمالى الغربى لجزر جالاباجوس.

كانت هذه النباتات معرضة لتركيزات عالية جدا من الملح؛ بسبب الرذاذ المتواصل الذى يصل إليها من مياه المحيط؛ كما وجد نامياً بجانبها عدد من النباتات المحبة للملوحة halophytes. وباختبار هذه السلالة فى محلول مغذ لماء البحر.. استمرت النباتات فى النمو، مع زيادة تركيز نسبة ماء البحر فى المحلول المغذى، إلى أن وصلت إلى ١٠٠٪، بينما لم يمكن لنباتات الطماطم البقاء عندما وصل تركيز ماء البحر فى المحلول المغذى إلى ٥٠٪. وقد حدث نقص فى معدل نمو كل من الطماطم والسلالة البرية تحت ظروف الملوحة، مما يعنى أن أياً منهما لم يكن مستفيداً من ـ أو بحاجة إلى ـ التركيزات المرتفعة من الصوديوم (Rush & Epstein ١٩٧٦).

هذا.. إلا أن دراسات أخرى نشرت بعد ذلك أكدت حساسية هذه السلالة ـ LA 1401 من L. cheesmanii f. minor ـ للملوحة العالية. فأوضح Hassan & Desouki (١٩٨٢) أن هذه السلالة كانت الأكثر حساسية للملوحة من بين ٢٢ صنفاً وسلالة قاما باختبارها. كما وجد Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) أنها كانت أكثر حساسية من الصنفين أيس، وإدكاوى.

وقد ذكر أن النوع L. peruviannm أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الطماطم، وكان ذلك فى صورة اختلافات جوهرية بين النوعين فى عديد من الصفات والخصائص الفسيولوجية التى تؤثر فى استجابة النباتات للتركيزات المرتفعة من كلوريد الصوديوم؛ مثل: معدل النتح، وكثافة الثغور ومدى اتساعها، ومستوى حامض الأبسيسك (Phills و آخرون ١٩٧٩).

ويذكر Tal & Shannon (١٩٨٣) أن النوعين البريين L. peruvianum، و L. pennellii، أقل حساسية للملوحة من الطماطم؛ حيث نقص وزنهما الجاف ومحتواهما النسبى من الرطوبة ـ بدرجة أقل ـ عند تعرضهما للملوحة العالية، وظلا أكثر غضاضة، وتراكم بهما كميات أكبر

من الصوديوم والكلورين، وكميات أقل من البوتاسيوم. وقد وجد الباحثان أن هذين النوعين، والنوع L. cheesmanii تنمو بدرجة أسرع من الطماطم فى البيئة الملحية، برغم أن معدلات نموها تكون أقل من الطماطم فى الظروف الطبيعية. وقد أظهر النوع L. pennellii - فى هذه الدراسة - أكبر درجة من الغضاضة، واحتوى على تركيز أعلى من الصوديوم والكلورين بالأوراق تحت الظروف الملحية. كما استخدم Sacher (١٩٨٣) السلالة P.I. 124502 من L. pennelli كمصدر لصفة القدرة على تحمل الملوحة فى برنامج للتربية.

كذلك أظهرت دراسة أجراها Dehan & Tal (١٩٧٨) على الطماطم والنوع L. pennellii أن النموات القمية والجذرية لم تتأثر - جوهرياً - بمعاملات ملوحة بلغت ٢٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم. وقد حدث - فى النوع البرى - تراكم لأيونى الكلورين والصوديوم، ونقص لأيون البوتاسيوم - مع زيادة الملوحة - مقارنة بالطماطم.

كما أوضحت دراسات Saranga وآخرين (١٩٨٧) أن أنسجة النوع L. pennellii يتراكم فيها الصوديوم دون أن يكون لذلك تأثير كبير فى النمو النباتى؛ الأمر الذى يدل على تحمل أنسجته للمحتوى المرتفع من هذا الأيون.

كذلك اختبر Costa وآخرون (١٩٨٩) ٢٢ سلالة من L. pimpinellifolium ، و٨ سلالات من L. peruvianum ، ووجدوا - من بينها - ٤ سلالات من النوع الأول تميزت بقدرتها على تحمل الملوحة؛ وهى PIM - 85، و PIM - 847، و PIM - 1135، و PIM - 2350.

وفى اختبار شمل ١٠٦ أصناف وسلالة من سبعة أنواع من الجنس Lycopersicon.. وجد Hassan وآخرون (١٩٨٩) صفة تحمل الملوحة فى كل من السلالة L. esculentum var. cerasiforme، والسلالتين LA 1579، وP.I. 365967 من L. pimpinellifolium؛ كما كانت السلالات العشر التالية متحملة نسبياً:

L. pimpinellifolium P.I. 309907, P.I. 365959, P.I. 375937, P.I. 379023, P.I. 379025, and P.I. 390716.

L. hirsutum P.I. 365907 and P.I. 365934.

L. peruvianim P.I. 306811.

L. chmielewskii P.I. 379030.

كما اختبر Anastasio وآخرون (١٩٨٨) سلالة واحدة من كل من النوعين L. peruvianum، و L. pennellii ، وثلاث سلالات من النوع L. esculentum var. cerasiforme ، ووجدوا أن السلالة CER 2022 من النوع الأخير كانت أقواها نمواً وأكثرها قدرة على البقاء، وأقلها تضرراً من الملوحة.

وخلافا لكل ما ذكر عن مقاومة بعض الأنواع البرية للملوحة.. فقد وجد Shannon وآخرون (١٩٨٧) أن صنف الطماطم هاينز ١٣٥٠ Heinz 1350 لم يختلف جوهرياً - عن الأنواع L. cheesmanii، و L. peruviaum، و L. pennellii - فى تحمل الملوحة فى مزارع مائية احتوت على تركيزات وصلت إلى ١٥٠ مللى مول من ملحى كلوريد الصوديوم، وكلوريد الكالسيوم؛ بنسبة مولارية قدرها ١ : ١، ومع زيادة الأملاح تدريجيا من صفر إلى ١٠٠ مللى مولار من الملحين بنسبة مولارية قدرها ٥ : ١ فى مزرعة رملية.. لم يختلف النقص النسبى فى المحصول بين الصنف هاينز ١٣٥٠ والسلالة LA 1401 من L. cheesnanii. وقد أدى ذلك إلى أن يقترح الباحثون أن الأساس الفسيولوجى لتحمل الملوحة ربما يكون مختلفاً فى التركيزات المتوسطة من الملوحة عما يكون عليه فى التركيزات العالية. ولكن الصورة قد تتضح - بشكل أفضل - بإعادة الإشارة إلى ما وجده Hassan & Desouki (١٩٨٢)، والذى أكده Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) من أن هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى اختبرت معها.

وعموما.. فإنه يبدو - كما ذكر Philis وآخرون (١٩٧٩) - أن هذا النوع L. cheesmanii ليس مقاوماً بذاته، ولكنه يعطى عند تلقيحه مع الطماطم تراكيب وراثية تتحمل الملوحة بشكل جيد. وكان ذلك الاستنتاج قريباً مما توصل إليه Sacher وآخرون (١٩٨٢) بشأن تحمل

النوع L. pennellii للملوحة؛ حيث ذكروا أن العوامل الوراثية التى تتحكم فى القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات الجيل التاسع للتقليح:

(New Yorker X L. pennellii) X New Yorker

تأتى من الأبوين ـ المزروع والبرى ـ وتتفاعل معاً بطريقة إضافية.

من المفضل اختبار تحمل النباتات للملوحة بريها بمحاليل مغذية تحتوى على نسب مختلفة من ماء البحر، بدلاً من الرى بمحلول لأحد الأملاح أو المخلوط من أملاح معينة؛ ذلك لأن توازن الأملاح ـ الذى يوجد فى ماء البحر ـ يجعله أكثر المحاليل الملحية قرباً إلى المحلول الأرضى من حيث محتواه من مختلف الأملاح والأيونات؛ حيث يزيد فيه تركيز أيونات البورون والمغنسيوم والكبريتات والكربونات، بالإضافة إلى أيونى الصوديوم والكلورين (Rush & Epstein ١٩٨٠).

ومن أهم خصائص ماء البحر ما يلى :

١ ـ يبلغ محتواه من الأملاح ٣,٥٪؛ أى نحو ٣٥٠٠٠ جزء فى المليون.

٢ ـ يبلغ تركيز كلوريد الصوديوم به نحو ٠,٥ مولاراً، فيصل محتواه من الصوديوم إلى ١٠٥٦١ جزءاً فى المليون، ومن الكلورين إلى ١٨٩٨٠ جزءاً فى المليون.

٣ ـ تبلغ درجة توصيله الكهربائى ٤٦,٣ مللى موز/سم (Weast ١٩٧٦).

أجرى Hassan & Desouki (١٩٨٦) اختبارات التقييم لمقاومة الملوحة بإنتاج شتلات الطماطم فى وسط عادى (مخلوط من الرمل والبيت موس بنسبة ١ : ١)، ثم شتلها فى أصص بقطر ٢٠سم ـ مملوءة بالرمل المغسول ـ بمعدل ٣ شتلات بكل أصيص ـ وريها لمدة ٢ ـ ٤ أسابيع بمحلول مغذ حتى تستعيد نموها، ثم تبدأ بعد ذلك معاملة الملوحة، وتستمر لحين موت جميع نباتات المقارنة، ويمكن أن تستمر لمدة أسبوع أو أسبوعين آخرين لزيادة فاعلية الانتخاب.

وقد أجرى الباحثان معاملة الملوحة بالرى خمس - مرات أسبوعياً - بمحلول مغذ فى ٥٠ - ٧٥٪ ماء بحر. استعمل التركيز المنخفض عندما كانت النباتات رهيفة، وفى حالات الإضاءة الضعيفة. كما رويت النباتات بالمحلول المغذى فقط مرتين أسبوعياً؛ بغرض غسيل الأملاح التى يؤدى تراكمها على سطح الرمل إلى تحليق النباتات المنتخبة وموتها تدريجياً. كما أدت عملية الغسيل إلى نقل الأملاح إلى منطقة الجذور؛ الأمر الذى أدى إلى زيادة فاعلية عملية الانتخاب لمقاومة الملوحة. وقد سجل الباحثان عدد النباتات الميتة بفعل الملوحة يومياً، وعرضا النتائج كنسبة مئوية متراكمة للنباتات الميتة مع الزمن.

وفى دراسة أخرى.. أجرى Hassan وآخرون (١٩٨٩) اختبار التقييم فى حجرة للنمو، مع رى البادرات ابتداء من عمر خمسة عشر يوماً - لمدة شهر - بمياه جوفيه خفف فيها تركيز الأملاح من نحو ٥٠ مللى موز/سم إلى ١٥ مللى موز/سم. أدت هذه المعاملة إلى موت نحو ٥٠٪ من أصناف الطماطم التى استخدمت للمقارنة.

واستخدم Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) - فى تقييمهم لمقاومة الملوحة - محلولاً ملحياً يتكون من كلوريد الصوديوم وكلوريد الكالسيوم (بنسبة ٣ : ١)؛ بتركيزات ١٠ آلاف جزء فى المليون، وكان دليلهم على تحمل الملوحة صفات وزن النبات، وعدد العناقيد الزهرية، والمحصول الكلى.

وبالمقارنة.. وجد Cruz وآخرون (١٩٩٠) أن أفضل دليل لاختبارات تحمل الملوحة (اشتملت الاختبارات على ٣٩ سلالة وصنفاً من خمسة أنواع من الجنس Lycopersicon) هو قياسات طول النبات، والوزن الجاف للأوراق، والوزنان الجاف والطازج للسيقان، ومحتوى الأوراق من عنصرى الكلور والصوديوم.

ويعتمد بعض الباحثين - فى تقدير القدرة على تحمل الملوحة - على أمرين؛ هما:

١ - مستوى الملوحة المحتمل Salinity Threshold .. وهو الحد الأقصى للملوحة الذى يمكن للنبات أن يتحمله دون أن ينخفض محصوله.

٢ ـ الانحدار Slope .. وهو الارتداد الخطى linear regression للنقص فى المحصول، مقابل الزيادة فى مستوى الملوحة بعد المستوى المحتمل.

ويمكن أن يكون المحصول هو محصول الثمار الفعلى فى الأصناف التجارية، أو الوزن الجاف للسيقان، وللأوراق فى أى من الأصناف التجارية، أو السلالات البرية.

وقد استخدم Bolarin وآخرون (١٩٩١) تلك الطريقة فى تقييم ٢١ سلالة تنتمى إلى أربعة أنواع برية من الجنس Lycopersicon، وكانت أكثر السلالات تحملاً للملوحة فى هذه الدراسة هى السلالة PE-2 من L. pimpinellifolium، وتلتها السلالات PE-45 (L. pennellii)، و PE - 34، و PE-43 (L. hirsutum)، وPE-16 (L. peruvianum) .

وهناك من الباحثين من اعتمد فى اختبارات الملوحة على نسبة أو سرعة إنبات البذور فى وسط ملحى. فاختبرJones (١٩٨٦) سرعة إنبات بنور ١٣ سلالة تمثل ستة أنواع برية من الجنس Lycopersicon ، و٢٠ سلالة من الطماطم فى أطباق بترى على آجار يحتوى على ١٠٠ مللى مول من كلوريد الصوديوم، وكانت أسرع السلالات إنباتاً ـ مرتبة تنازلياً ـ هى:

السلالة PI 126435 من L. peruvianum.

السلالة LA 716 من L. pennellii.

السلالة PI 174263 من L. esculentum.

كما أمكن التعرف على عدد آخر من السلالات التى أظهرت سرعة نسبية من الإنبات فى وجود كلوريد الصوديوم، وكانت من النوعين L. pimpinellifolium، و L. peruvianum . هذا .. إلا أن معاملة الملوحة أخرت الإنبات فى جميع السلالات مقارنة بالشاهد (الكنترول)؛ كما اختلفت سرعة الإنبات جوهرياً ـ كذلك ـ فى غياب كلوريد الصوديوم. كذلك وجد Sinel'nikova وآخرون (١٩٨٣) أن صنفى الطماطم Yusupovskii، وKarlik 1185 كانا مقاومين؛ حيث أنبتت بذورهما على حرارة ٢٢°م فى محلول ملحى يحتوى على ٠,٨٥٪ من

كلوريد صوديوم؛ بنسبة إنبات بلغت ١٠٠٪، و٩٦٪ للصنفين على التوالى. وقد استمرت مقاومة الصنفين بعد شتلهما فى أصص وريهما بمحلول ملحى، مقارنة بالأصناف الأخرى التى قورنت بهما.

وقد درس El - Beltagy وآخرون (١٩٧٩) تأثير الملوحة فى التركيزات الداخلية للإثيلين فى سيقان، وأوراق، وجذور نباتات الطماطم، والفلفل، والسبانخ؛ حيث وجدوا أن معاملة الملوحة العالية أحدثت زيادة ملحوظة فى تركيز الإثيلين فى كل من الأجزاء الهوائية والأرضية لنباتات الطماطم والفلفل، بينما لم تظهر أية زيادة فى تركيز الغاز فى نباتات السبانخ. وقد خلص الباحثون إلى أن ذلك ربما يعكس القدرة الطبيعية للسبانخ على تحمل الملوحة.

وفى دراسة أخرى.. وجد El - Saeid وآخرون (١٩٨٨) ـ لدى اختبارهم عدة أصناف من الطماطم ـ وجود ارتباط موجب عالٍ بين تأثير كل من معاملتى الإثيفون والملوحة على النباتات؛ من حيث سقوط الأوراق والأزهار. كما أدت المعاملة بالإثيفون إلى زيادة التأثير الضار للملوحة على النباتات. كذلك حصل الباحثون (El - Saeid وآخرون ١٩٨٨ أ) على نتائج مماثلة على اللوبيا.

وكان El - Beltagy & Hall (١٩٧٩) قد وجدا اختلافات جوهرية فى المستويات الداخلية للإثيلين، وفى معدل تساقط الأوراق عندما عرضت نباتات صنفين من الفول الرومى لظروف استمرار تشبع وسط نمو الجذور بالرطوبة؛ حيث أدت المعاملة إلى إحداث زيادة جوهرية فى تركيز الإثيلين فى كل من النموات الجذرية والهوائية لنباتات الفول الرومى.

وتؤكد تلك الدراسات وجود اختلافات فى مدى حساسية النباتات للإثيلين، وفى قدرتها على إنتاج الغاز فى الظروف التى تعيق امتصاصها للماء من التربة (كزيادة الملوحة أو الغدق). وقد أدى ذلك إلى اقتراح الباحثين استخدام الإثيلين، أو المركبات المنتجة له ـ مثل الإثيفون ـ فى تقييم قدرة النباتات على تحمل نقص الماء الأرضى.

وقد جرت محاولات للانتخاب للقدرة على تحمل الملوحة فى مزارع للأنسجة. وتبعاً لـ Fillippone (١٩٨٥).. فإن أفضل تركيز لملح الطعام فى مزارع الأنسجة هو ٠,٥٪. وكان الباحث قد استعمل "explants" من فلقات صنفين من الطماطم زرعا على بيئة Linsmaier & Skoog، أضيف إليها IBA، وBA . وقد ظهرت اختلافات بين الصنفين فى نمو خلايا الكالوس وتميزها بعد ٤٢ يوماً من بداية الاختبار؛ مما قد يعنى وجود اختلافات وراثية بينهما فى القدرة على تحمل الملوحة.

كذلك تمكن Bourgeais وآخرون (١٩٨٧) من زيادة القدرة على تحمل الملوحة فى صنف الطماطم سانت بيير St - Pierre، على صورة زيادة مضطردة فى النمو النباتى، مع النقل المتكرر إلى بيئات مغذية، تحتوى على تركيزات متزايدة من كلوريد الصوديوم، وصلت إلى ٧٥ أو ١٠٠ مللى مول. وقد استمرت الزيادة فى القدرة على تحمل الملوحة حتى الجيل الثالث؛ حيث لم تظهر فى الجيل الرابع أية زيادة إضافية فى النمو النباتى عند تساوى تركيز الملح فى الجيلين. وقد استخدم الباحثون فى هذه الدراسة ـ لمزارع الأنسجة ـ إما النسيج الطرفى للسيقان (بما فى ذلك البرعم القمى والسلاميات الأخيرة)، وإما نسيج الكالوس المتكون من جذور أو سيقان النباتات.

وفى محاولة لربط جينات تحمل الملوحة بإنزيمات معينة ليسهل التعرف عليها باختبارات الفصل الكهربائى electrophoresis دونما حاجة إلى اختبارات التقييم فى وسط ملحى.. قام Zamir & Tal (١٩٨٧) بدراسة الآباء، والجيل الأول، والجيل الثانى لهجين نوعى بين الطماطم الحساسة للملوحة، والنوع البرى L. pennellii المتحمل لها؛ فوجدا ـ كما كان معروفا من قبل ـ أن أيونى البوتاسيوم والصوديوم يتراكمان فى النوع الحساس بدرجة أكبر مما يحدث فى النوع البرى المقاوم. وبتحليل ١١٧ نباتاً من الجيل الثانى لخمسة عشر إنزيماً (موزعة على تسعة من كروموسومات الطماطم الاثنى عشر) بطريق الفصل الكهربائى.. أمكن التعرف على أربعة مواقع جينية ذات تأثير كمى على امتصاص أيونى الصوديوم والكلورين، وموقعين آخرين مؤثرين فى امتصاص أيون البوتاسيوم.

ثانياً ـ : وراثة القدرة علي تحمل الملوحة

أجمعت الدراسات القليلة ـ التى أجريت على وراثة القدرة على تحمل الملوحة فى الطماطم ـ على أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى، ومع ذلك.. فقد أمكن الانتخاب لتلك الصفة فى الأجيال الانعزالية عندما استخدمت السلالة LA 1401 من L. cheesmanii f. minor كمصدر لها (Rush & Epstein ١٩٨١)، ولكن تطلب الأمر الانتخاب للصفة حتى الجيل الثالث قبل كل تلقيح رجعى (Hassan & Desouki ١٩٨٦). وكما سبق بيانه.. فقد أوضحت دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٢) على سلالات الجيل التاسع للتلقيح:

(New Yorker X L. pennellii) X New Yorker

إن العوامل الوراثية التى تتحكم فى صفة القدرة على تحمل الملوحة تأتى من الأبوين (المزروع والبرى)، وتتفاعل معاً بطريقة إضافية.

ثالثاً: طبيعة القدرة علي تحمل الملوحة

تبين ـ لدى مقارنة تأثير التركيزات المرتفعة من الملوحة فى كل من الطماطم والنوع البرى L. cheesmanii المقاوم للملوحة ـ ما يلى :

١ ـ حدثت فى كليهما زيادة فى محتوى النباتات من النيتروجين الأمينى والحموضة الحرة، وكانت تلك الزيادة فى الطماطم أكبر مما فى النوع البرى.

٢ ـ كان الحامض الأمينى برولين Proline أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة.

٣ ـ حدثت كذلك زيادة واضحة جداً فى تركيز الحامض الأمينى أسبارتك aspartic مع زيادة الملوحة، إلا أنه لم تظهر اختلافات بين الطماطم والنوع البرى فى هذا الشأن.

٤ ـ صاحبت زيادة الملوحة زيادة كبيرة فى نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية فى الثمار.

٥ ـ تراكمت بأوراق النوع البرى كميات كبيرة من الصوديوم دون أن يتأثر بشدة، أو تبدو عليه علامات التسمم من الصوديوم، بينما لم يحدث ذلك التراكم فى أنسجة أوراق

الصنف الحساس VF 36 (Rush & Epstein ١٩٧٦).

كما وجد Rush & Epstein (١٩٨١أ) - من دراستهما على جذور صنف الطماطم والتر Walterوالسلالة LA 1401 من L. cheesmanii - أن جذور النوع البرى امتصت كميات من البوتاسيوم أكبر بكثير مما امتصت الطماطم فى أى من تركيزات الملوحة التى استعملت فى هذه الدراسة، خاصة فى التركيزات المنخفضة (من ٠,٠١ إلى ٠,١ مللى مول كلوريد صوديوم)، وفى التركيزات المرتفعة (٥٠ - ١٠٠ مللى مول)؛ وانتقل إلى النموات الخضرية فى النوع البرى كميات من الصوديوم أكبر بكثير مما انتقل إلى الطماطم، بينما كان انتقال البوتاسيوم من الجذور إلى النموات الخضرية محدوداً. وقد حل الصوديوم - جزئياً - محل البوتاسيوم فى النوع البرى، بينما لم يحدث ذلك فى الطماطم.

وقد قارن Rush (١٩٨٦) هذه السلالة من L. cheemanii ببعض أصناف الطماطم، ووجد أن النوع البرى هو الأكثر قدرة على تحمل الملوحة؛ وكان مردّ ذلك إلى قدرته على تحمل تراكم الصوديوم فى أوراقه، وهو العنصر الذى امتصه النوع البرى ونقله إلى الأوراق بمعدلات أكبر من الطماطم؛ حيث تركز فى أماكن معينة منها.. وهو ما يعرف باسم Compartmentation.

كانت الدراسات السابقة ترتكز على كون السلالة LA 1401 أكثر تحملاً للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها؛ ولكن دراسات أخرى - سبقت الإشارة إليها (Hassan & Desouki ١٩٨٢، وMahmoud وآخرون ١٩٨٦) - أوضحت خلاف ذلك؛ حيث كانت هذه السلالة أكثر حساسية للملوحة من أصناف الطماطم التى قورنت بها، وبالرغم من ذلك.. فلم يتغير نمط تراكم الأملاح بها.. فعندما قارن Mahmoud وآخرون (١٩٨٦) هذه السلالة (التى كانت أكثر حساسية للملوحة فى اختبارهم) بالصنفين: أيس (المعروف بحساسيته للملوحة) وإدكاوى (الذى كان أكثر تحملاً للموحة).. وجدوا أن أوراق السلالة البرية والصنف إدكاوى احتوت على تركيزات أعلى من أيونات الصوديوم والكالسيوم والكلور، وتركيزات من أيون البوتاسيوم أقل من أوراق الصنف أيس. الذى كان - كذلك - أقل

عصيرية Succulence من أى منهما تحت ظروف الملوحة.

ويستدل من الدراسات التى أجريت على النوع البرى L. pennellii على أن الصوديوم يتراكم فى نباتاته تحت ظروف الملوحة، بينما يقل تركيز البوتاسيوم فيها، مقارنة بما يحدث فى ظروف غياب الملوحة، وربما يرجع ذلك إلى ضعف كفاءة النباتات فى استبعاد أيون الصوديوم وامتصاص البوتاسيوم فى ظروف الملوحة العالية (عن Tal ١٩٨٤).

ويبدو أن التركيز المطلق للأيونات المختلفة فى الأنسجة النباتية - تحت ظروف الملوحة العالية - لا يرتبط بمقاومة النباتات للملوحة، كما تدل على ذلك دراسات Sacher وآخرين (١٩٨٣). وقد قارن الباحثون صنف الطماطم New Yorker بالسلالة P.I. 246502 من النوع البرى L. pennellii، و١٦سلالة تربية ناتجة من التهجين بينهما تحت ظروف الملوحة (٠,١ مولار كلوريد صوديوم)، وفى الظروف العادية. وقد أظهرت هذه الدراسة وجود مجال واسع من القدرة على تحمل الملوحة فى سلالات التربية التى كانت أكثر تحملاً من الصنف التجارى. وكان النمو تحت ظروف الملوحة مرتبطا - بشكل جوهرى - بالقدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأوراق النباتات، بينما لم يوجد أى ارتباط بين القدرة على النمو تحت الظروف الملحية وبين التركيز المطلق لأى من الصوديوم أو الكلورين بأوراق النباتات فى هذه الظروف. وتُحَدَّد القدرة النسبية لتنظيم تراكم الصوديوم بأنها نسبة الأيون بأوراق النباتات النامية تحت الظروف الملحية إلى نسبته بأوراق نفس التركيب الوراثى عند نموه فى الظروف العادية. وتدل النسبة المنخفضة على زيادة قدرة النبات التنظيمية للأيون.

وقد بينت دراسة أخرى لـ Sacher (١٩٨٢) أن القدرة على تحمل الملوحة فى هذه السلالات كان مردها إلى القدرة على تنظيم استبعاد أيون الصوديوم، مع زيادة فى قدرة الأنسجة على تحمل الزيادة المتوسطة فى تركيز الملح.

كذلك تبين لدى مقارنة صنف الطماطم الحساس للملوحة E6203 بالصنف المقاوم Edkawy (Hashim وآخرون ١٩٨٨) فى مستويات مختلفة من الملوحة أنه - مع زيادة

الملوحة - حل الصوديوم محل البوتاسيوم بدرجة واحدة فى جذور الصنفين. لكن هذا الإحلال للبوتاسيوم اختلف بين الصنفين فى الأنسجة الأخرى التى درست؛ حيث أبقى الصنف المقاوم على تركيزات أعلى من البوتاسيوم فى السيقان والأوراق فى مختلف مستويات الملوحة. ومع زيادة الملوحة.. حافظ الصنف Edkawy على نسبة أفضل بين أيونى البوتاسيوم والصوديوم فى كل الأنسجة، وبين أيونى الكالسيوم والصوديوم فى الجذور من الصنف الحساس E 6203. أما أيون الكلورين.. فقد كان الأنيون الرئيسى المؤثر فى حالة التوازن فى النبات؛ فقد تراكم - بدرجة أكبر - فى الجذور، وبدرجة أقل فى السيقان والأوراق فى الصنف الحساس مما فى الصنف المقاوم - خاصة فى المستويات العالية من الملوحة (حتى ٢٥٠ مللى مول كلوريد صوديوم) - بينما كانت مستويات الصوديوم أقل فى الجذور وأعلى فى الأوراق فى الصنف المقاوم (Hashim وآخرون ١٩٨٨ أ).

وبمقارنة الطماطم - تحت ظروف الملوحة العالية - بسلالات قادرة على تحمل الملوحة من كل من الأنواع البرية: L. pennellii، و L. cheesmanii ، و L. peruvianum ونباتات الجيل الأول بينها وبين الطماطم.. تبين أن نسبة البوتاسيوم إلى الصوديوم كانت فى أوراق وسيقان السلالات التى تتحمل الملوحة أعلى منها فى السلالات الحساسة لها. كما وجد أن السلالات البرية - التى تتحمل الملوحة ونباتات الجيل الأول بين الطماطم والنوع L. pennellii - تميزت بانخفاض محتوى أوراقها من أيون الكلور بانخفاض نسبة محتوى الأوراق إلى محتوى السيقان من نفس الأيون مقارنة بصنف الطماطم الحساس. كذلك تبين وجود ارتباط موجب بين المادة الجافة والبوتاسيوم إلى الصوديوم فى السيقان، وارتباط سالب بين المادة الجافة وتركيز الكلور فى الأوراق (Saranga وآخرون ١٩٩٣).

وعن مستوى البرولين Proline فى النباتات المعرضة لظروف الملوحة.. سبقت الإشارة إلى ما وجده Rush & Epstein (١٩٧٦) من أنه أكثر الأحماض الأمينية تأثراً بزيادة الملوحة. وقد قارن Katz & Tal (١٩٨٠) مستوى البرولين المتراكم فى أنسجة الكالوس المتحصل عليها من أوراق أصناف الطماطم التجارية والنوع البرى L. peruvianum فى

بيئات مختلفة تحتوى على كلوريد الصوديوم أو البرولين. ووجد الباحثان أن مستوى البرولين الطبيعى ـ فى أنسجة الكالوس الخاصة بالأصناف التجارية ازداد ـ عند تعرضها لزيادة كلوريد الصوديوم ـ، بدرجة أكبر مما حدث فى أنسجة النوع البرى، وكان مماثلاً لما يحدث ـ عادة ـ فى النباتات الكاملة لدى تعرضها لظروف قاسية. وقد تراكم البرولين فى أنسجة الكالوس النامية فى بيئة أضيف إليها البرولين بدرجة واحدة فى الطماطم والنوع البرى، إلا أن تركيز الحامض الأمينى تناقص فى أنسجة الكالوس ـ مع الوقت ـ فى النوع البرى بدرجة أكبر مما فى الطماطم .

رابعاً : التربية لتحمل الملوحة

قام Rush & Epstein (١٩٨١) بتهجين صنف الطماطم Walter مع السلالة LA1401 من النوع البرى L. cheesmanii f. minor، وأنتجا الجيلين الأول والثانى، والتهجينات الاختبارية، والجيل الثالث للتهجين الرجعى الأول إلى صنف الطماطم. وقد انتخبا من هذا الجيل الرجعى الأول سلالات كانت على درجة عالية من القدرة على تحمل الملوحة؛ حيث أمكنها البقاء، وأنتجت محصولاً من الثمار، بالرغم من ريها بمحاليل مغذية، وصلت فيها نسبة ماء البحر إلى ٧٠٪.

وقد حصل Hassan & Desouki (١٩٨٦) ـ كذلك ـ على سلالات متشابهة فى الجيل الثانى للتلقيح الرجعى الأول بين صنف الطماطم Peto 86 ونفس السلالة البرية السابقة.

كما حصل Sacher وآخرون (١٩٨٢) أيضاً على سلالات قادرة على تحمل الملوحة، ولكن من الجيل التاسع للتلقيح الرجعى الأولى إلى الطماطم بعد التلقيح بين صنف الطماطم New Yorker والسلالة P.I. 246502 للنوع البرى L. pennellii. ويتضح مما تقدم أن محاولات التربية لتحمل الملوحة ـ التى نما علمها للمؤلف ـ لم تتعد ـ إلى الآن ـ مرحلة التهجين الرجعى الأول.

القاوون

قام Shannon وآخرون (١٩٨٤) بتقييم ٣٩ صنفاً وسلالة من C. melo للقدرة على إنبات البذور، وبزوغ البادرات فى محلول ملحى بتركيز ـ ٠,٦ باراً (ضغط جوى)، يتكون من مخلوط من كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم؛ بنسبة مولارية مقدارها ٢ : ١. كما قيم الباحثون نمو البادرات فى مزرعة رملية تحت ظروف الصوبة، كانت تروى فيها النباتات بمحلول مغذ ملحى يبلغ ضغطه الآسموزى ـ٠,٣، أو ـ١,٧، أو ـ٣,٣ باراً. وقد أدت الملوحة العالية إلى إنقاص النمو، ولكن ظهرت اختلافات كبيرة بين الأصناف والسلالات المختبرة فى قدرة بذورها على الإنبات، وقدرة بادراتها على النمو تحت ظروف الملوحة.

ومن ناحية أخرى.. اختبر Anstasio وآخرون (١٩٨٨) سبع سلالات من خمسة أنواع برية من الجنس Cucumis لمقاومة الملوحة، ولم يعثروا على مقاومة تذكر فى أى منها.

الخيار

درس Jones وآخرون (١٩٨٩) تأثير سبعة تركيزات من الملوحة (من EC صفر إلى ١٥ مللى موز/سم) على ستة أصناف من الخيار، وأوضحت تلك الدراسة وجود ارتباط فى أحد الأصناف ـ بين طول البادرة عند EC ٩,٠ والمحصول النسبى عند EC ٤,٠.

ويذكر Pierce & Wehner (١٩٩٠) أن صفة القدرة على تحمل الملوحة تتوفر فى الخيار، ويتحكم فيها جين واحد متنح، يأخذ الرمز sa.

الخس

عثر Shannon (١٩٨٠) على اختلافات بين نباتات صنف الخس Empire ـ من حيث القدرة على تحمل الملوحة ـ وتمكن الباحث من عزل سلالات نقية أكثر قدرة على تحمل الملوحة من الصنف الأصلى، إلا أنه لم يحدث مزيد من التحسن فى الصفة بمزيد من الانتخاب، وهو الأمر المتوقع بالنسبة لمحصول ذاتى التلقيح كالخس.

وفى دراسة أخرى.. وجد Shannon & McCreight (١٩٨٤) اختلافات بين ١١٥ سلالة من الخس - من حيث القدرة على تحمل الملوحة - تزيد على الاختلافات التى ظهرت بين الأصناف التجارية. وقد اعتمد تقييمهما لتلك الصفة على مقارنة النمو النباتى تحت ظروف الملوحة العالية.

البصل

أوضحت اختبارات Wannamaker & Pike (١٩٨٧) - التى أجريت على مقاومة الملوحة فى خمسة أصناف من البصل - عدم وجود علاقة بين القدرة على الإنبات، والقدرة على النمو فى مستويات مختلفة من الملوحة، وكانت جميع الأصناف المختبرة حساسة للملوحة، فيما عدا الصنف Texas Grano 1015Y، الذى أنبتت بعض بذوره فى مستوى مرتفع من الملوحة، بلغ ٤٥٠ ملليموزاً.

٩

التربية لتحمل نقص الرطوبة الأرضية وزيادتها

أولا : تحمل نقص الرطوبة الأرضية (ظروف الجفاف)

تعريف تحمل الجفاف فى النباتات

يختلف التعريف البيولوجى والإيكولوجى (أو البيئى) لتحمل النباتات للجفاف عن التعريف الزراعى أو المحصولى؛ فالتعريف البيولوجى لا يتطلب أكثر من بقاء النبات حياً وإنتاجه لأى عدد من البذور عقب تعرضه لنقص حاد فى الرطوبة الأرضية (عن Myers وآخرين ١٩٨٦). ويتحقق ذلك ـ غالباً ـ من خلال حدوث نقص فى المساحة الورقية، وخفض فى النشاط الأيضى، وغير ذلك من الظواهر التى توصف مجتمعة باسم Cryptobiosis. وترتبط تلك الظواهر ـ عادة ـ بنقص فى المحصول؛ ولذا.. فإن فائدتها محدودة للمربى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

وبالمقارنة.. فإن التعريف الزراعى أو المحصولى لتحمل الجفاف يتطلب أن يكون النمو النباتى كافياً لإنتاج محصول اقتصادى.

ويميل بعض العلماء إلى استعمال مصطلح مقاومة الجفاف Drought Resistance؛ ليعنى به حالتى : تجنب الجفاف Drought Avoidance، وتحمل الجفاف Drought Tolerane. ويعنى بتجنب الجفاف قدرة النباتات على إكمال دورة حياتها فى فترة زمنية قصيرة عندما تكون الرطوبة الأرضية متوفرة، كما فى عديد من النباتات الصحراوية.

ويرجع تحمل النباتات للجفاف إما إلى قدرتها على تأخير فقد الرطوبة من أنسجتها (Desication)، وإما إلى تحملها الفقد الرطوبى عند حدوثه. ويحدث تأخير الفقد الرطوبى إما بخفض النبات لمعدل النتح، وإما بزيادة معدل امتصاصه للماء. أما تحمل النبات للجفاف فيحدث من خلال التنظيم الآسموزى لخلايا النبات بالقدر الذى يسمح باستمرار امتلائها (cell turger)، وتوسعها(Cell expansion)، ونموها (عن Parsons ١٨٧٩، وHasegawa وآخرين ١٩٨٤).

ونظراً لأهمية الفقد الرطوبى، ومعدل البناء الضوئى ـ تحت ظروف الجفاف ـ فى تحمل النباتات للجفاف.. فإن تلك القيم تدخل فى معادلات حساب المحصول البيولوجى والمحصول الاقتصادى، كما يلى:

$$W = mT/ E_0$$

حيث إن :

W= المحصول البيولوجى .

m= ثابت خاص بالنبات.

T= النتح الخاص بالمحصول Crop Transpiration .

E_0 = التبخر السطحى والنتح المكنان للمحصول Potential Evapotranspiration .

ويمكن استبدال القيمة T بالقيمة E_a، وهى التبخر السطحى والنتح الفعليان للمحصول.

أما المحصول الاقتصاى فيقدر بالمعادلة التالية :

$$EY = E_a \times WUE \times HI$$

حيث إن :

EY = المحصول الاقتصادى.

WUE = كفاءة استعمال الماء Water Use efficiency (كمية الماء المفقودة مقابل كل وحدة وزن من المادة العضوية المصنعة).

HI = دليل الحصاد (عن Blum ١٩٨٩).

هذا.. وتختلف خاصية تحمل الجفاف فى النباتات عن خاصية تحمل الحرارة العالية التى سبقت مناقشتها فى الفصل السادس.

طبيعة تحمل الجفاف فى النباتات

يتعين - كما أسلفنا - التمييز بين حالتى تجنب الجفاف وتحمله. فبالنسبة لتجنب الجفاف Drought Avoidance .. نجد أنه يحدث إما من خلال الإفلات منه Drought Escape، وإما من خلال «خصائص النباتات الصحراوية Xerophytic Characteristics » التى اكتسبتها أثناء تطورها فى بيئتها الصحراوية.

ويحدث الإفلات من ظروف الجفاف بأن تنبت بذور النبات عقب المطر الغزير، ثم تكمل النباتات نموها الخضرى - الذى يكون غالباً محدودا جداً - وتزهر وتثمر فى فترة لا تتجاوز ٤ - ٦ أسابيع؛ وبذا.. تستفيد النباتات من الرطوبة المحدودة الموجودة فى التربة، وتكمل دورة حياتها قبل أن تتعرض لظروف الجفاف.. ويشاهد ذلك كثيراً فى المناطق الصحراوية. كذلك يمكن أن يحدث الإفلات من الجفاف فى بعض أصناف المحاصيل الزراعية التى تنضج وتعطى محصولها الاقتصادى مبكراً قبل حلول موسم الجفاف (عن Clarke & Townley-Smith ١٩٨٤) ويعيب النباتات التى تتجنب ظروف نقص الرطوبة الأرضية وتفلت منها تماما أنها لا تتحمل ظروف نقص الرطوبة الأرضية إذا تعرضت لها (عن Stevens ١٩٨١).

ومن الخصائص الأخرى الهامة للنباتات الصحراوية - التى تمكنها من تجنب الجفاف - تكوين طبقة سميكة من الشمع على مختلف الأسطح النباتية تمكنها من خفض معدل النتح إلى أدنى مستوى ممكن، وقلة عدد الثغور بالأوراق، وكبر الفجوات العصارية مع تراكم

المركبات العضوية الذائبة فى السيتوبلازم، وتشعب المجموع الجذرى (عن Quisenberry ١٩٧٩). وجميع هذه الصفات مكتسبة فى النباتات الصحراوية، ومثبتة Fixed فيها؛ بمعنى أنه لا تتوفر - فى النوع الواحد منها - تباينات فى تلك الصفات.

وبالمقارنة بالنباتات الصحراوية.. فإن النباتات العادية هى التى تتوفر فى بعض أنواعها تباينات فى الصفات التى تجعل بعض سلالاتها أو أصنافها أكثر - أو أقل - تحملاً لظروف الجفاف من غيرها ويستفاد من هذه التباينات فى تربية أصناف تجارية أكثر تحملا لظروف الجفاف، وفى دراسة وراثة تلك الصفات. ويفضل دائماً أن تجمع النباتات المرباة (بهدف زراعتها فى المناطق التى تتعرض لنقص فى الرطوبة الأرضية) بين صفتى القدرة على تجنب ظروف الجفاف، وتحمل تلك الظروف فى آن واحد.

ومن أهم الصفات التى تؤثر فى قدرة النبات على تحمل نقص الرطوبة الأرضية فى المحاصيل الزراعية ما يلى:

١ - إنبات البذور :

يُعتقد بأن قدرة البذور على الإنبات فى ظروف الجفاف (نسبة الإنبات وسرعته) ترتبط بمدى قدرة النباتات الأكبر على تحمل تلك الظروف. وبالفعل.. وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات القمح والذرة فى نسبة وسرعة إنبات بذورها تحت ظروف الجفاف. وبعد التوصل إلى التباينات الأولية فى تلك الصفة.. أمكن إجراء اختبارات الإنبات بسهولة فى بيئات ذات ضغط آسموزى مناسب؛ حيث تستخدم فيها مركبات مثل الـ D - mannitol ، والبوليثيلين جليكول Polyethylene glycol (PEG)، والـ Carbowax . وأوضحت الدراسات التى أُجريت فى هذا الشأن أن أفضل ضغط آسموزى للمحلول الذى تستنبت فيه البذور - بهدف الانتخاب لصفة تحمل ظروف الجفاف - هو: -١,٠ MPa لقمح الشتاء، و-١,٥ MPa للذرة. ويفيد استخدام تلك المحاليل فى اختبارات الإنبات - فى المختبر - فى تقييم مئات البذور خلال فترة زمنية قصيرة، ولكن يتعين التأكد من الصفة - فى السلالات المنتخبة - فى اختبارات أخرى تجرى تحت ظروف الحقل.

وقد اختلف الباحثون بشأن الارتباط بين صفة القدرة على الإنبات تحت ظروف الجفاف، وتحمل النباتات لتلك الظروف فى مراحل النمو اللاحقة. ويسود الاعتقاد بأن هذا الارتباط ضعيف أو غير موجود، وخاصة أن بذور بعض النباتات ـ مثل القمح ـ تُبدى قدراً كبيراً من التحمل لظروف الجفاف إلى أن يكتمل إنباتها، ولكن بادراتها تكون شديدة الحساسية لنقص الرطوبة الأرضية بمجرد بزوغها من التربة.

٢ ـ نمو البادرات :

وجد فى الذرة ارتباط كبير بين قدرة البادرات على النمو فى ظروف الجفاف وقدرة النباتات البالغة على تحمل تلك الظروف. ويمكن الاعتماد على اختبار البادرات فى تقييم آلاف النباتات فى الأجيال الانعزالية، ثم انتخاب المتميزة منها لاستمرار اختبارها فى المراحل المتقدمة من نموها. ونظراً لصعوبة توفير مستوى منخفض ثابت من الرطوبة الأرضية فى اختبارات البادرات؛ .. يفضل إجراء التقييم فى مزارع مائية، مع إضافة أحد المركبات التى ترفع الضغط الأسموزى للمحاليل المغذية؛ مثل الـ PEG بالتركيز المناسب؛ ليضعف من قدرة النباتات على امتصاص الرطوبة إلى المستوى الذى يحاكى ما يحدث فى الطبيعة فى ظروف الجفاف (عن Clarke & Townley -Smith ١٩٨٤).

٣ ـ التبكير فى النضج :

يفيد التبكير فى النضج فى زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية عند نقص الرطوبة الأرضية، وهو ـ كما أسلفنا ـ يعد إفلاتاً من ظروف الجفاف؛ لأنه لا يجعل النبات أكثر تحملاً لظروف الجفاف إن تعرض لها. وقد وجد فى القمح ـ على سبيل المثال ـ ارتباط سالب قوى بين محصول الحبوب وعدد الأيام إلى حين بدء ظهور السنبلة، وأمكن إرجاع ٤٠ ـ ٩٠٪ من الاختلافات بين السلالات فى محصول الحبوب ـ تحت ظروف الجفاف ـ إلى مدى التبكير فى النضج. كما توصل الباحثون إلى أن محصول قمح الشتاء يزداد ـ فى ظروف الجفاف ـ بمقدار ٥٤ ـ ١٢٠كجم/ هكتار مع كل تبكير فى النضج بمقدار يوم واحد فى الأصناف الأكثر تبكيراً من الصنف Kharkof.

ويجب الحذر عند الاعتماد على التبكير فى النضج بهدف الانتخاب لزيادة المحصول فى ظروف الجفاف؛ فهذه الصفة لا تفيد كثيراً إلاّ عند اعتماد الزراعة على مخزون الرطوبة فى التربة. أما فى السنوات الكثيرة الأمطار، أو عند الاعتماد على الرى فى أنتاج المحصول .. فإن الأصناف المبكرة قد تغل محصولاً أقل من نظيرتها المتوسطة النضج أو المتأخرة.

٤ ـ النمو الجذرى :

تستطيع النباتات ذات النمو الجذرى الكبير المتعمق والكثير التفريع فى التربة أن تمتص الماء من أعماق كبيرة من التربة؛ الأمر الذى يؤخر احتمالات جفاف أنسجتها.

وتوجد اختلافات وراثية كبيرة ـ داخل النوع النباتى الواحد ـ فى كثافة النمو الجذرى، وفى نسبة الجذور إلى النموات الخضرية، علما بأن تلك النسبة تتغير ـ فى النبات الواحد ـ بتغير مرحلة نموه. ويكون النمو الجذرى الكثيف ـ دائماً ـ على حساب النمو الخضرى؛ لأن الجذور تحصل على الغذاء اللازم لنموها من النموات القمية التى تقوم بعملية البناء الضوئى.

وتتأثر نسبة الجذور إلى النموات الخضرية بعوامل أخرى لا دخل للجذور فيها؛ مثل سقوط أوراق الأشجار ذات الأوراق المتساقطة، ونقص المساحة الكلية للأوراق، وهو ما يعد أحد أهم أسباب تحمل النباتات الصحراوية البقاء تحت ظروف الجفاف، إلا أن نقص المساحة الورقية الكلية يصاحبه نقص فى قدرة النبات على البناء الضوئى (عن Quisen-berry ١٩٧٩، و Parsons ١٩٧٩). ولا توجد أدلة على توفر اختلافات فى صفة سقوط الأوراق داخل النوع النباتى الواحد.

وقد تأيدت العلاقة بين النمو الجذرى الكثيف وتحمل ظروف الجفاف فى كل من الأرز الـ upland، والسورجم، وفول الصويا.

ونظراً لصعوبة قياس كثافة النمو الجذرى ـ فضلاً على تأثره الشديد بالظروف البيئية ـ فإنه لا يمكن الاعتماد على تلك الصفة عند الانتخاب لتحمل ظروف الجفاف.. ومع ذلك.. فقد وجد فى محصول الأرز والذرة أن الانتخاب لصفة المحتوى المائى الجيد للأوراق ـ تحت

ظروف الجفاف ـ يعنى ـ تلقائياً ـ تحسناً فى النمو الجذرى للنباتات المنتخبة (عن Blum ١٩٨٩).

كذلك تبين ـ فى القمح على الأقل ـ وجود علاقة كبيرة مؤكدة بين النمو الجذرى للنباتات فى مراحل نموها الأولى (وهى بعمر أسبوع إلى شهر فى دراسات مختلفة) وعند اكتمال نموها ونضجها (عن Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤).

٥ ـ الزواية التى تصنعها الورقة مع الساق :

تتميز بعض النباتات بقدرتها على تحريك أوراقها بحيث تبقى دائما موازية لأشعة الشمس؛ الأمر الذى يقلل بشدة من الطاقة الإشعاعية التى تكتسبها الأوراق، والتى تؤدى ـ فى حالة اكتسابها ـ إلى فقدان الرطوبة من الأوراق؛ وبذا.. فإن حركة الأوراق هذه تعد إحدى وسائل تحمل النباتات للجفاف، وهى تعرف فى بعض أصناف الفاصوليا تحت ظروف الجفاف، وفى فاصوليا تيارى التى تعد من الأنوا ع التى تتحمل الجفاف.

٦ـ أديم الورقة وشعيراتها :

يعمل الأديم الشمعى (الذى يترسب فيه الشمع) السميك على سطح الأوراق على زيادة تحمل النباتات للجفاف؛ لأنه يخفض النتح الأديمى، كما يفيد فى زيادة انعكاس الأشعة الشمسية من على سطح الأوراق. وقد تأيدت علاقة الأديم السميك بنقص النتح وزيادة المحصول ـ تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية ـ فى السورجم.

وتزيد طبقة الشمع الأديمى ـ طبيعياً ـ فى النباتات المعرضة للشمس عما فى النباتات التى تنمو فى الظل، كما يزداد سمك الأديم فى ظروف الجفاف والحرارة العالية.. فهى صفة شديدة التأثر بالعوامل البيئية المحيطة بالنبات (عن Parsons ١٩٧٩).

كذلك تعكس الأوراق التى تكثر شعيراتها Pubescent leaves الأشعة الشمسية بدرجة أكبر بكثير من الأوراق العديمة الشعيرات (كما فى الجنس Encelia)؛ الأمر الذى يعمل على خفض درجة حرارة الأوراق؛ ومن ثم خفض معدل نتح الماء منها (عن Clarke & Townley- Smith ١٩٨٤).

ومن جهة أخرى.. درس Denna (١٩٧٠) العلاقة بين كمية الماء التى يفقدها النبات وسمك طبقة الشمع على الأوراق فى عدد من أصناف الكرنب، والقنبيط، والبروكولى، وكرنب بروكسل، والكولارد. وقد اختلفت هذه الأصناف ـ جوهرياً ـ فى كمية الشمع التى توجد فى وحدة المساحة من الورقة. وفى كمية الماء التى تفقدها عن طريق أى من: الثغور، أو الأديم (النتح الأديمى).

وأدت إزالة طبقة الشمع إلى زيادة معدلات النتح الأديمى، لكن لم يظهر سوى ارتباط ضعيف بين كمية الشمع التى توجد على سطح الورقة، وبين كمية الماء المفقودة من وحدة المساحة من الورقة ليلاً، أو نهاراً، وبناء على هذه النتائج.. أوصى الباحث بعدم التربية لزيادة الطبقة الشمعية السميكة heavy bloom، أو لزيادة كمية الشمع بوحدة المساحة من الورقة كوسيلة لزيادة القدرة على تحمل الجفاف فى النوع B. oleracea.

٧ ـ حجم الخلايا ومعدل النمو :

يلاحظ أن خلايا النباتات تكون أصغر حجما فى ظروف نقص الرطوبة الأرضية، كما تكون فجواتها صغيرة الحجم. وتتميز الخلايا الصغيرة الحجم بأنها تكون أقل تعرضاً للأضرار الميكانيكية أثناء جفاف الأنسجة النباتية، كما أنها تسمح بانخفاض الضغط الأسموزى فيها؛ الأمر الذى يزيد من قدرتها على البقاء منتفخة.

وينعكس الحجم الصغير للخلايا ـ فى النباتات التى تتحمل الجفاف ـ على معدل نمو بادراتها، ونباتاتها الكاملة، وأعضائها المختلفة، وخاصة الأوراق؛ حيث تكون صغيرة الحجم نسبياً. إلاّ أن استمرار الخلايا فى النمو والزيادة فى الحجم ـ تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية ـ يعنى تميز النباتات بقدرة أكبر على تحمل الجفاف. ففى ظروف الجفاف.. تموت النباتات الحساسة، ويتوقف نمو النباتات المتوسطة التحمل، بينما يستمر نمو النباتات الشديدة التحمل.

٨ ـ كثافة الثغور وسلوكها:

تتوفر دلائل على أن سلوك الثغور أمر تحكمه العوامل الوراثية؛ فمثلاً.. لا تغلق الثغور

طبيعياً فى طفرة الطماطم «الذابلة» التى يوجد فيها مستوى منخفض من حامض الأبسيسيك، ويمكن تحفيز انغلاق الثغور فيها برش النباتات بالحامض. كذلك تعرف طفرات «ذابلة» مماثلة فى البطاطس. وتختلف أصناف القطن فى مدة بقاء ثغورها مفتوحة أثناء النهار. ومن المهم أن تستجيب الثغور وتنغلق بسرعة عند نقص الرطوبة الأرضية، بالرغم من أن ذلك الانغلاق يكون على حساب تبادل الغازات والبناء الضوئى.

كذلك وجدت اختلافات وراثية فى كثافة الثغور بالأوراق. فمثلاً.. وجد ـ فى سلالات مختلفة من الشعير ـ أن نقص كثافة الثغور بمقدار ٢٥٪ كان مصاحباً بنقص فى معدل النتح قدره ٢٤٪، دون أن يكون لذلك أى تأثير فى معدل البناء الضوئى (عن Parsons ١٩٧٩). كما وجدت علاقة عكسية بين كثافة الثغور بالأوراق ومعدل البناء الضوئى فى كل من الفاصوليا والذرة، ولكن لم يستدل على وجود أية علاقة بين كثافة الثغور وأى من معدلى البناء الضوئى أو النتح فى عدد من الأنواع النباتية الأخرى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

وعموما.. فإن معظم الماء الذى يمتصه النبات يفقد مباشرة بالنتح من خلال الثغور، بينما يفقد جزء يسير منه (من ٢ ـ ٥٠٪ حسب النوع النباتى) عن طريق النتح الأديمى (من خلال أديم البشرة مباشرة)، ولا يستفيد النبات ـ فى نموه ـ سوى بأقل من ٥٪ من كمية الماء الكلية المتصة، والتى تقدر فى الذرة بنحو ٢٠٥ لترات من الماء خلال موسم النمو.

ولخفض كمية الماء التى تفقدها النباتات بالنتح يتعين أن تنغلق الثغور عندما تتعرض للشد الرطوبى. وتختلف درجة الشد الرطوبى التى تستحث الثغور على الانغلاق باختلاف الأنواع النباتية؛ فهى ـ ٨ ضغط جوى فى الفاصوليا مقارنة بنحو ـ ٢٨ ضغط جوى فى القطن تحت ظروف الحقل، تنخفض إلى ـ ١٦ ضغط جوى تحت ظروف البيوت المحمية (عن Quisenberry وآخرين ٩٧٩).

٩ ـ مخزون الماء فى الجدر الخلوية :

يعد مخزون الماء فى الجدر الخلوية Apoplastic Water احتياطياً يفيد فى تأجيل جفاف الأنسجة النباتية حال تعرض النباتات لنقص فى الرطوبة الأرضية. وقد لوحظ وجود مخزون كبير من هذا الماء فى النباتات التى تتحمل ظروف الجفاف؛ ويعنى ذلك أن الجدر الخلوية السميكة ـ التى تكون أكثر قدرة على تخزين الماء ـ تعد من العوامل الهامة فى تحمل النباتات للجفاف.

١٠ ـ تحمل الأغشية الخلوية لأضرار الجفاف :

وجد أن الكائنات الحية، والأعضاء النباتية ـ التى يمكنها البقاء تحت ظروف الجفاف ـ تتميز بتمثيل سكر التريهالوز trehalose أثناء فقدها للرطوبة، أو أثناء إعادة اكتسابها للرطوبة بعد جفافها. ويُعتقد أن التريهالوز يغير الخصائص الفيزيائية لليبيدات الفوسفورية Phospholipids التى توجد فى الأغشية الخلوية بطريقة تسمح بثبات تلك الأغشية فى ظروف الجفاف. كما ذُكر أن الخصائص الفيزيائية لليبيدات الجافة تكون ـ فى وجود التريهالوز ـ مماثلة لما تكون عليه فى الليبيدات الرطبة hydrated lipids (عن Myers وآخرين ١٩٨٦).

١١ ـ التنظيم الآسموزى Osmoregulation :

يعد بقاء الخلايا منتفخة أمرا حيوياً بالنسبة لنموها وزيادة حجمها، وبذا.. فإن انتفاخ الخلايا الدائم يعد ضروريا لاستمرار النمو النباتى.. ونظراً لأن نقص الرطوبة الأرضية يؤدى إلى فقدان الخلايا لبعض رطوبتها ـ الأمر الذى يؤدى إلى انكماشها ـ فإن نقص الرطوبة يكون مصاحباً بنقص فى معدل النمو النباتى، بما فى ذلك نمو الجذور الضرورى لاستمرار امتصاص الماء من أكبر قدر ممكن من التربة القليلة الرطوبة.

ويمكن المحافظة على بقاء الخلايا منتفخة ببعض وسائل التأقلم؛ مثل: صغر حجم الخلايا، وزيادة مطاطية الأغشية الخلوية، وزيادة الضغط الأسموزى للخلايا، فيما يعرف باسم التنظيم الآسموزى. ويحدث التنظيم الآسموزى من خلال تراكم المواد العضوية الذائبة فى السيتوبلازم. ومن أهم المركبات التى تتراكم فى ظروف الجفاف ما يلى (عن

Hughes وآخرين ١٩٨٩) :

Betaine Ascorbate

Proline Glutathione

Polyols (mannitol, sorbitol, pinitol) alpha - tocopherol

وقد تلعب هذه المركبات دوراً فى زيادة ثبات الأغشية الخلوية والمركبات العضوية ذات الجزيئات الكبيرة Macromolecules، وحمايتها.

وقد تبين من الدراسات - التى أُجريت على ظاهرة التنظيم الآسموزى - أن سلالات القمح التى أظهرت قدراً عالياً من تلك الخاصية كان محصولها تحت ظروف الجفاف أعلى من نظيراتها الأقل قدراً على التنظيم الآسموزى، كما تميزت سلالات السورجم الأكثر قدرة على تحمل الجفاف بتنظيم آسموزى عال.

ويعد البرولين من أبرز المركبات التى عرفت بعلاقتها بتنظيم الضغط الآسموزى فى النباتات، وبارتفاع تركيزها لدى تعرض النباتات لظروف الجفاف. ففى الطماطم، والفلفل، والكرنب.. تراوح محتوى النباتات من البرولين - فى ظروف توفر الرطوبة الأرضية - من ٠,٢ - ٠,٦ مجم/جم (على أساس الوزن الجاف)، ولكن محتواها ارتفع إلى ٥٠ مجم/جم وزناً جافاً فى ظروف الجفاف (عن Parsons ١٩٧٩). ووجدت نفس هذه العلاقة بين تركيز البرولين والرطوبة الأرضية فى كل من: عشب برمودا، والشعير، والسورجم، والقمح.

ومع ذلك.. فلم تظهر علاقة واضحة بين تراكم البرولين فى النباتات وبين قدرتها على تحمل الجفاف. ففى السورجم.. وجدت اختلافات معنوية بين الأصناف فى مدى تراكم البرولين فيها، ولكن دون أن يكون لذلك أدنى علاقة بقدرتها على تحمل الجفاف (Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤)، بينما كان تراكم البرولين بدرجة أكبر فى سلالات الشعير الأكثر قدرة على تحمل الجفاف.

١٢ - معدل البناء الضوئى :

تؤثر جميع العوامل الفسيولوجية التى سبق بيانها ـ بصورة مباشرة، أو غير مباشرة ـ فى معدل البناء الضوئى فى النباتات؛ فهو المحصلة النهائية لمدى قدرة النبات على تحمل الجفاف. وقد وجدت ـ بالفعل ـ اختلافات فى معدل البناء الضوئى بين أصناف وسلالات عديد من الأنواع النباتية، ولكن ظهور تلك الاختلافات ـ تحت ظروف الجفاف فقط ـ أمر لم يمكن إثباته إلاّ فى أنواع قليلة، منها السورجم (عن Clarke & Townley - Smith ١٩٨٤).

١٣ ـ تراكم إنزيمات معينة :

يزداد نشاط بعض الإنزيمات عندما تعانى النباتات من نقص فى الرطوبة الأرضية، ومن أبرز هذه الإنزيمات (عن Hughes وآخرين ١٩٨٩) ما يلى:

Superoxide dismutase.

Glutathione reductase.

Ascorbate Peroxidase.

Dehydroascorbate reductase.

Monodehydroascorbate reductase.

Catalase.

كذلك تحدث تغيرات فى نشاط إنزيم Nitrate Reductase فى ظروف الجفاف. ويبدو أن هناك بعض البروتينات التى يزداد تمثيلها فى ظروف الجفاف، ولكن لم تعرف وظيفتها على وجه التحديد بعد (عن Austin ١٩٨٩).

ولمزيد من التفاصيل عن فسيولوجيا تحمل الجفاف فى النباتات.. يراجع Turner & Kramer (١٩٨٠)، و Paleg & Aspinall (١٩٨١).

التقييم لتحمل ظروف الجفاف

إن جميع الأسس الفسيولوجية لتحمل النباتات للجفاف ـ والتى سبقت مناقشتها تحت موضوع طبيعة تحمل الجفاف ـ يمكن الاسفادة منها فى تقييم النباتات لتحمل الجفاف. والشروط اللازمة لإمكان الاعتماد على أى من تلك الأسس كوسيلة للتقييم والانتخاب (والتى تجرى عادة فى حجرات النمو أو فى البيوت المحمية) هو إمكان إجرائها بيسر وسهولة،

وعدم تسببها فى موت النبات (ليمكن انتخابه عند اللزوم)، وارتباطها بتحمل النباتات لنقص الرطوبة الأرضية تحت ظروف الحقل.

ونضيف فى هذا المقام ـ إلى ما سبق بيانه من أسس لتحمل الجفاف ـ ما يلى :

١ ـ الحساسية لاحتراق الأوراق Leaf Firing:

تعد الشيخوخة السريعة للأوراق من الأعراض المعروفة للشد الرطوبى، وتدل على موت أنسجة الورقة بسبب ارتفاع حرارتها الناشىء عن توقف النتح فيها، علما بأن درجة الحرارة العظمى المميتة لأوراق معظم النباتات تتراوح من ٤٥ ـ ٥٥ْم. ويمكن الاعتماد على ظاهـرة احـتراق الأوراق كدليل على مـدى حساسية النباتات للجفـاف. فمثلاً.. تُقـيم نباتات الأرز لتحمل الجفاف بتقدير مدى جفاف قمة الأوراق بعد ٣٩ يوماً من آخر رية للحقل.

٢ ـ التفاف الأوراق Leaf Rolling:

يعد التفاف الأوراق من الأعراض المميزة للشد الرطوبى فى النباتات، كما يعد وسيلة ـ من جانب النباتات ـ لتقليل فقد الرطوبة بالنتح. وقد لوحظ وجود اختلافات بين أصناف وسلالات الحبوب فى مدى التفاف أوراقها تحت ظروف الجفاف، وارتباط تلك الاختلافات بظواهر أخرى فسيولوجية وثيقة الصلة بقدرة النباتات على تحمل الجفاف. ففى الأرز.. كان مردّ قلة التفاف الأوراق فى بعض السلالات ـ تحت ظروف الجفاف ـ إلى تمتع تلك السلالات بقدر أكبر من التنظيم الآسموزى.

هذا.. بينما وجد فى القمح، والسورجم، وفى سلالات أخرى من الأرز أن انخفاض التفاف الأوراق فيها كان بسبب ارتفاع محتواها الرطوبى. ولا شك فى أنه يمكن الاعتماد على خاصية تأخر ظهور حالة التفاف الأوراق عند نقص الرطوبة الأرضية كدليل على استمرار بقاء الخلايا النباتية ممتلئة ومنتفخة turgid تحت تلك الظروف. ويستفاد من تلك الخاصية ـ فعلاً ـ فى برامج تربية الأرز والذرة والسورجم لتحمل الجفاف.

٣ ـ درجة حرارة الأوراق :

ترتبط درجة حرارة الأوراق ـ تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية ـ ارتباطاً وثيقاً بمعدل النتح، الذى يكون ـ بدوره ـ دليلاً على مدى قدرة النبات على امتصاص الرطوبة اللازمة لاستمرار عملية النتح؛ أى على مدى تشعب وكثافة نموه الجذرى.

وقد توصل Stark وآخرون (١٩٩١) ـ من دراستهم على ١٤ صنفاً وسلالة من البطاطس ـ إلى وجود علاقة خطية بين ΔT (وهى الفرق بين درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة النموات الخضرية أثناء النهار فى الأيام الصحوة)، والنقص فى ضغط بخار الماء Vapor Pressure Deficit ـ فى النباتات ـ فى حالات معاملات الرى المختلفة؛ وبذا.. أمكنهم استخدام ΔT ـ بكفاءة ـ فى تقييم القدرة النسبية على تحمل ظروف الجفاف فى البطاطس.

كذلك فإن تقديرات ΔT ـ حتى عند توفر الرطوبة الأرضية ـ تفيد فى التقييم لتحمل الشد الرطوبى. فمثلاً.. وجد أن نسبة المحصول فى الحقول المروية إلى غير المروية، لأصناف مختلفة من الدخن اللؤلؤى كانت مرتبطة إيجابياً بتقديرات ΔT فى الحقول المروية. وفى القطن.. كانت السلالات ذات درجات الحرارة الأعلى للنموات الخضرية ـ فى القطع المروية ـ هى الأقوى نمواً فى القطع غير المروية. كما وجد فى الدخن والسورجم أن السلالات والأصناف ذات النموات الخضرية الأعلى حرارة فى ظروف توفر الرطوبة الأرضية كانت أقل حساسية للتغيرات فى ضغط بخار الماء، ـ تحت ظروف الجفاف ـ وأكثر محصولاً من الأقل حرارة (عن Stark وآخرين ١٩٩١).

ويمكن تقدير درجة حرارة الأوراق ـ عن بعد ـ بالاستعانة بترمومتر يعتمد على الأشعة تحت الحمراء الصادرة من النباتات. ويكفى فى هذا الشأن مقارنة النباتات مع بعضها البعض تحت نفس الظروف، مع تقسيمها إلى ثلاث فئات تكون درجة حرارة نمواتها الخضرية منخفضة، أو متوسطة، أو مرتفعة، وانتخاب النباتات التى تكون حرارتها منخفضة؛ لأنها تكون أكثر قدرة على امتصاص الرطوبة اللازمة لها من التربة تحت ظروف الجفاف. ومع ذلك فإن النباتات التى تكون حرارتها عالية ـ وهى التى ينخفض فيها معدل النتح ـ قد

تكون هى المطلوبة عند الرغبة فى توفير الرطوبة الأرضية لمراحل أخرى من النمو تكون أكثر حساسية للنقص الرطوبى.

وقد اتبعت طريقة تقدير درجة حرارة الأوراق فى برامج التربية لتحمل الجفاف فى كل من القمح، والذرة، وفول الصويا (عن Blum ١٩٨٩).

٤ ـ كثافة وتشعب المجموع الجذرى :

وجد أن صفات النمو الجذرى ـ مثل وزنه ودرجة تشعبه ـ ترتبط فى كل من الذرة والأرز بالقوة اللازمة لاقتلاع النباتات من التربة. ويعد هذا الاختبار وسيلة سهلة وسريعة لتقدير مدى تشعب وكثافة النمو الجذرى الذى يصعب قياسة بدقة بصورة مباشرة، فضلاً عما يصاحب طرق التقدير المباشرة من تباينات كبيرة فى العينات المقاسة.

وقد أوضحت دراسة أجريت على ٢٥٠ تركيباً وراثياً من البطاطس وجود ارتباط معنوى بين القوة اللازمة لجذب النباتات من التربة وكل من: طول الجذور، والوزن الجاف للجذور التى تم جذبها، والتى تبقت فى التربة، وطول النبات، وعدد السيقان، وكذلك مع عدد الدرنات الصغيرة المتكونة ووزنها فى سبع سلالات كانت قد بدأت فى تكوين الدرنات وقت إجراء الاختبار (عن Ekanayake & Midmore ١٩٩٢).

٥ ـ الانتخاب لصفة المحصول :

يفيد الانتخاب لصفة المحصول العالى تحت ظروف الجفاف فى تمييز الأصناف والسلالات المرغوب فيها مباشرة، إلاّ أن لذلك الاختبار عيوباً كبيرة، هى كما يلى:

١ ـ الحاجة إلى استمرار الاختبار إلى حين الانتهاء من حصاد المحصول؛ الأمر الذى يستنفد كثيراً من الوقت والجهد.

٢ ـ يعتمد الاختبار على مجرد مقارنة السلالات ببعضها البعض فى صفة الحصول. نظراً لأن السلالات ذات الإنتاجية العالية قد تستمر متميزة عن غيرها من السلالات تحت

ظروف الجفاف.. لذا فإن انتخابها ربما لا يكون معتمداً على قدرة حقيقية في النبات على تحمل الجفاف.

٣ ـ كثيرا ما يؤدى هذا الاختبار إلى استبعاد سلالات جيدة تحمل صفات فسيولوجية تؤهلها لتحمل الجفاف، ولكن محصولها يكون منخفضاً؛ فلا تبرز فى اختبارات التقييم للمحصول.

٦ ـ الانتخاب فى مزارع الأنسجة :

ربما كان من السهل الانتخاب لتراكم مركبات عضوية معينة ـ وثيقة الصلة بظاهرة التنظيم الآسموزى ـ فى مزارع الأنسجة، ولكن تبقى ـ بالرغم من ذلك ـ بعض أوجه القصور فى الاعتماد على مزارع الأنسجة لانتخاب نباتات تتحمل ظروف الجفاف؛ منها ما يلى :

أ ـ إنتاج النباتات الكاملة من سلالات الخلايا المنتخبة.

ب ـ احتمال عدم وجود أية علاقة بين تحمل الخلايا المفردة للجفاف وتحمل النباتات الكاملة النمو؛ لأن التنظيم الآسموزى فى النبات الكامل قد يتحقق من خلال تجزئ نواتج البناء الضوئى بين أعضاء النبات المختلفة، وأنسجته، وخلاياه. كما قد يتحقق ذلك من خلال توقف فى نمو النبات الكامل؛ الأمر الذى يوفر نواتج البناء الضوئى لتأمين التنظيم الآسموزى، وهو ما يصعب تخيل حدوثه فى مزارع الأنسجة (عن Blum ١٩٨٩).

وبالرغم من ذلك.. تفيد مزارع الأنسجة فى تجنب كافة العوامل التى يصعب التحكم فيها تحت ظروف الحقل، والتى قد تؤثر فى استجابة النباتات لظروف الجفاف.

ويتحقق الشد الرطوبى فى مزارع الأنسجة بإضافة بعض المركبات التى تزيد الضغط الآسموزى لبيئة الزراعة، مثل البوليثيلين جليكول ٦٠٠٠، الذى لا يمكنه المرور خلال الجدر الخلوية إلى داخل الخلايا. ويؤدى الفرق فى الضغط الآسموزى بين البيئة المغذية والخلايا

النامية فيها إلى جفاف الخلايا وانهيار جدرها الخلوية. تعرف هذه الظاهرة باسم Cytor-rhysis، وهى تختلف عن ظاهرة البلزمة التى ينكمش فيها البروتوبلازم، بينما تبقى الجدر الخلوية فى مكانها؛ بسبب دخول المركب المُحدث للبلزمة من خلال الجدر الخلوية إلى الفراغ الذى يفصلها عن الغشاء البلازمى الخارجى لبروتوبلازم الخلية.

ونظرا لعدم استطاعة البوليثيلين جليكول المرور من خلال الجدر الخلوية، فإنه لا يكون له أى دور فى التنظيم الآسموزى بالخلايا، مقارنة بما يحدث إذا استخدمت مركبات عضوية ذات وزن جزيئى منخفض، أو أيونات معينة لرفع الضغط الآسموزى فى البيئة المغذية. وبذا.. فإن الخلايا تتعامل مع الشد الرطوبى ـ الذى يحدثه البوليثيلين جليكول ـ حسب تركيبها الوراثى وقدرتها على تحمل تلك الظروف، ويكون تأثُّرها مقصوراً على ما يحدثه الشد الرطوبى بها، دون أن تحدث أية تأثيرات سامة من جراء امتصاص الخلايا لتركيزات عالية من أيونات معينة قد تستخدم لزيادة الضغط الآسموزى فى بيئة الزراعة.

وقد استخدمت هذه الطريقة فى الحصول على سلالات خلايا من صنف الطماطم VFNT Cherry قادرة على النمو فى بيئة مغذية تحتوى على ٣٠جم بوليثيلين جليكول ٦٠٠٠/١٠٠ مل.

كما أمكن التمييز بين مزارع الخلايا التى حدث فيها مجرد تأقلم فسيولوجى على ظروف الشد الرطوبى وبين سلالات الخلايا التى تميزت بقدرة وراثية ثابتة على تحمل تلك الظروف؛ حيث فقدت المزارع الأولى قدرتها على تحمل الشد الرطوبى سريعاً بعد نقلها إلى مزارع خلت من البوليثيلين جليكول. ويحدث هذا التأقلم ـ بصورة خاصة ـ عند زيادة تركيز البوليثيلين جليكول تدريجيا فى البيئة المغذية من ١٥ إلى ٣٠جم/١٠٠مل (عن Hasegawa وآخرين ١٩٨٤).

وراثة تحمل الجفاف فى النباتات

يعتقد أنه باستثناء بعض الصفات البسيطة المؤثرة فى القدرة على تحمل الجفاف فى

النباتات، فإن غالبية حالات تحمل الجفاف كمية، كما يعتقد أن مختلف السلالات التى تظهر تلك الصفة تتميز بنظم مختلفة لتحمل الجفاف؛ نظراً لنشأتها فى ظروف بيئية متباينة. لذا .. فإن تهجين تلك السلالات ـ مجتمعة ـ قد يعطى الفرصة لظهور انعزالات وراثية أكثر تحملا للجفاف من كل سلالة على حدة.

ومن الدراسات القليلة التى أجريت على وراثة الصفات ذات العلاقة بتحمل الجفاف فى النباتات تبين ما يلى :

١ ـ كانت صفة انغلاق الثغور فى القطن ـ تحت ظروف الشد الرطوبى ـ كمية، وظهر فيها تأثير كل من الإضافة والسيادة، وكانت درجة توريث الصفة منخفضة، ولم يكن للأم أى تأثير فى الصفة التى كانت سائدة تماماً تحت ظروف الشد الرطوبى العالى (عن Quisenberry ١٩٧٩).

٢ ـ كانت درجة توريث تراكم البرولين فى فول الصويا ـ تحت ظروف الجفاف فى المختبر ـ ٥٧٪ (عن Myeres وآخرين ١٩٨٦).

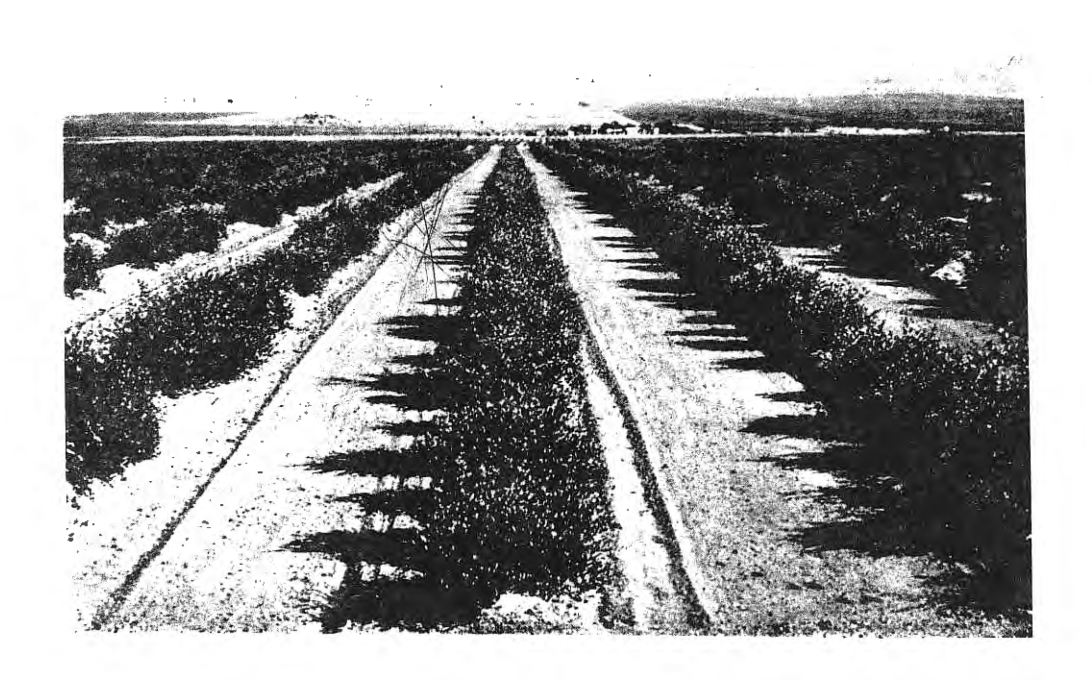
استئناس النباتات التى تتحمل الجفاف

استأنس الإنسان عددا من النباتات البرية التى تتميز بقدرتها على تحمل الجفاف، بأن زرعها للاستفادة منها كغذاء له، أو لحيواناته الزراعية، أو لاستخلاص مركبات معينة منها. ومن أهم هذه النباتات ما يلى :

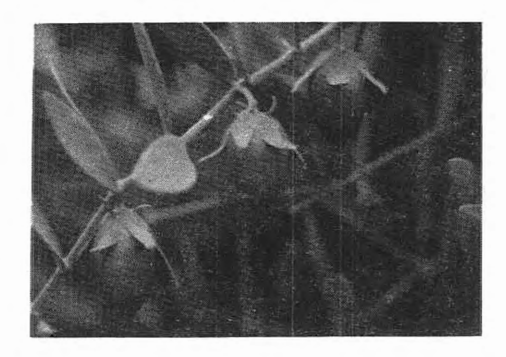
١ ـ شجرة الهوهوبا Jojoba:

اكتشفت شجرة الهوهوبا Simmondsia chinensis (شكل ٩ ـ ١) ـ التى تتميز بقدرتها العالية على تحمل ظروف الجفاف ـ فى موطنها الأصلى فى جنوب ولاية كاليفورنا وولاية أريزونا الأمريكيتين. تحتوى بذور هذه الشجرة (شكلا ٩ ـ ٢ ، و ٩ ـ ٣) على زيت يجمع بين خصائص الدهن والشمع (يتكون كلياً تقريباً من إسترات الشمع السائلة)، ويعد بديلاً جيداً لزيت حيتان العنبر. يدخل هذا الزيت فى صناعة عديد من مركبات تلطيف البشرة

لقدرته على النفاذ من مسام الجلد. وله خصائص جيدة فى التشحيم تمكنه من مقاومة الحرارة والبرودة الزائده مع تغير طفيف فى اللزوجة. وهو يستعمل كذلك فى صناعات الأدوية، وكحامل لها، وخاصة تلك التى يتعين تناولها عن طريق الفم؛ نظراً لأن الإنزيمات الهاضمة لدى الإنسان لا يمكنها هضمه. ولزيت الهوهوبا استعمالات أخرى كثيرة كما فى تحضير المواد المطهرة، والمنظفات، والعوامل المستحلبة، وعوامل التلوين، وشمع التلميع، والطبقات الواقية على علب المواد الغذائية المصنوعة من الورق.



شكل (٩ ـ ١) : نباتات الهوهوبا Jojoba.

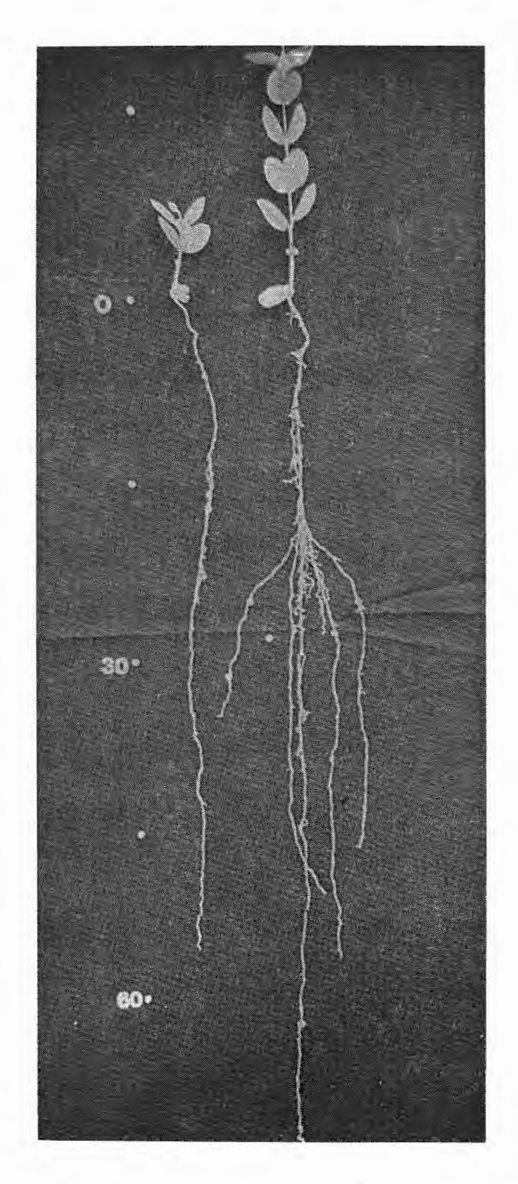


شكل (٩ ـ ٢) : ثمرة الهوهوبا.



شكل (٩ ـ ٣) : بذور وزيت الهوهوبا.

يرجع تحمل هذه الشجرة للجفاف إلى قدرة جذورها على التعمق إلى مسافة ١٠ ـ ٢٠ متراً فى باطن الأرض (شكل ٩ ـ ٤)، ولكن يعيبها أنها لا تبدأ فى الإثمار قبل مرور ٣ ـ ٦ سنوات على زراعتها. ويقابل ذلك أنها تبقى معمرة لمدة ١٠٠ ـ ٢٠٠ سنة.



شكل (٩ ـ ٤) : نباتات هوهوبا بعمر ثلاثة شهور، وقد تعمقت جذورها كثيراً مقارنة بنموها الخضرى.

تنتج شجرة الهوهابا الواحدة نحو ٢ كجم من البذور سنويا؛ أى بمعدل حوالى ١,٥طناً للفدان فى بداية مرحلة إثمارها. والنبات وحيد الجنس ثنائى المسكن، مستديم الخضرة، أوراقه بيضاوية ومغطاة بطبقة رقيقة من الشمع. ويمكن التمييز بين الأشجار المذكرة والأشجار المؤنثة بعد الزراعة بنحو ١٨ ـ ٢٤ شهراً.

والتلقيح فى الهوهوبا خلطى بالهواء، ويكفى شجرة مذكرة واحدة لتلقيح من ١٠ ـ ١٢ شجرة مؤنثة (عن Arab World Agribusiness ـ المجلد الأول ـ العدد الرابع).

وقد اكتشفت طفرة من نبات الهوهوبا تحتوى ثمارها على أربعة مساكن، مقارنة بثلاثة مساكن فقط فى النباتات العادية، ووجد أن لهذه الطفرة تأثيراً كبيراً على متوسط عدد البذور التى تتكون بالثمرة. ففى النباتات العادية ـ التى توجد بثمارها ثلاثة مساكن ـ تحمل ٨٣٪ من الثمار بذرة واحدة، و١٦٪ تحمل بذرتين، و١٪ منها فقط تحمل ثلاثة بذور بكل ثمرة، بينما تتميز الطفرة ذات الأربعة مساكن بالثمار بأن ٤٢٪ من ثمارها تحمل بذرة واحدة، و٣٩٪ تحمل بذرتين، و١٩٪ تحمل ثلاث بذور بكل ثمرة.

هذا.. ويزرع نبات الهوهوبا حاليا فى مساحة تزيد على ١٦ ألف هكتار فى الولايات المتحدة مع مساحات أخرى كبيرة فى كل من أستراليا، والهند، وإسرائيل، والمكسيك، ودول أمريكا الجنوبية (Estilai & Hashemi ١٩٩٣).

٢ ـ الجوايال :

يعرف الجوايال بالاسم العلمى Parthenium argentatum، وهو نبات صحراوى شجيرى معمر (شكل ٩ ـ ٥) وموطنه فى شمال وسط المكسيك وجنوب غربى ولاية تكساس الأمريكية. ويعد الجوايال من النباتات المنتجة للمطاط (الذى يماثل فى نوعيته تماما المنتج من شجرة المطاط Hevea brasiliensis)، وسبق استخدامه فى الإنتاج التجارى للمطاط خلال الحرب العالمية الثانية.



شكل (٩ ـ ٥) : نمو جديد لنبات الجوايال بعد ٦٠ يوما من حش النمو السابق إلى مستوى سطح التربة.

وقد توصل Estilai وآخرون (١٩٨٨) إلى سلالات من الجوايال ذات قدرة على إنتاج من ٨٠٠ ـ ٩٠٠كجم من المطاط/ هكتار سنويا، ويبلغ ذلك ضعف القدرة الإنتاجية للأصناف المزروعة من المحصول حالياً.

وفيما عدا طرز الجوايال الثنائية التضاعف التى تتكاثر جنسياً، فإن الجوال يتكاثر لا إخصابياً Apomictically.

ويرتبط إنتاج الجوايال للمطاط بالوزن الجاف للنباتات، ونموها الخضرى الغزير، وقدرتها على سرعة استعادة نموها عقب قطعها عند سطح التربة (حشها)، وقد أمكن تحقيق تقدم فى مجال الانتخاب لتحسين تلك الصفات (Thompson وآخرون ١٩٨٨).

ولمزيد من التفاصيل عن هذا المحصول وزراعته، يراجع Fangmeier وآخرون (١٩٨٤).

التقدم فى التربية لتحمل الجفاف

الطماطم

وجدت المقاومة للجفاف فى المصادر التالية من الجنس Lycopersicon :

١ ـ النوع البرى L. pennellii :

ينمو هذا النوع ـ برياً ـ فى مناطق شديدة الجفاف فى غربى بيرو، تنعدم فيها الأمطار ـ تقريباً ـ بينما تحصل النباتات على معظم احتياجاتها من الرطوبة مما يتكثف على سطح أوراقها من ندى.. علما بأن الضباب يكون كثيفاً فى تلك المناطق. وتتميز النموات الخضرية لهذا النوع باحتياجاتها القليلة من الرطوبة، وقدرتها على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها؛ أما نموها الجذرى.. فهو ضعيف.

٢ ـ إحدى سلالات النوع L. peruvinum التى وجدت نامية فى وسط الصحراء بأمريكا الجنوبية.

٣ ـ إحدى سلالات النوع L. chilense التى تتميز بمجموعها الجذرى الكثيف المتعمق فى التربة (عن Rick ١٩٧٧).

درس Taylor وآخرون (١٩٨٢) إنبات البذور والنمو الأولى للبادرات ـ تحت ظروف الجفاف مع الحرارة المرتفعة، أو المعتدلة ـ فى كل من الطماطم والسلالات المقاومة للجفاف من النوعين البريين L. chilense، و L. pennellii ، ووجدوا ـ على غير المتوقع ـ أن الأنواع البرية كانت أكثر حساسية للجفاف من الطماطم فى حرارة ٢٥ْم، بينما تساوت مع الطماطم فى الإنبات والنمو الأولى للبادرات ـ تحت ظروف الجفاف ـ عندما كانت درجة الحرارة ٣٠ أو ٣٥ْم.

ويستدل من الدراسات الوراثية على أن المقاومة للجفاف فى النوع L. pennellii صفة كمية يتحكم فيها عديد من العوامل الوراثية (عن Stevens ١٩٨٠). وقد لقح هذا النوع

مع الطماطم، وأمكن المحافظة على صفة قدرة الأوراق على الاحتفاظ بالماء فى أنسجتها بعد عدة تلقيحات رجعية؛ مما يعنى إمكان الاستفادة من هذه الخاصية فى خفض الاحتياجات المائية للطماطم (عن Rick ١٩٨٠).

هذا.. ويتجه بعض الباحثين إلى الاهتمام بالنمو الجذرى على أساس أنه يمكِّن النبات من الاستفادة من الرطوبة التى توجد فى قطاع أكبر من التربة. وذُكرت ـ فى هذا المجال ـ طفرة الجذر القطنى Cottony root، التى اكتشفت أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور. وقد وجدت هذه الطفرة فى السلالة P.I.121665، وتميزت باحتوائها على عدد كبير جداً من الشعيرات الجذرية، فضلاً على كفاءتها العالية فى امتصاص عنصر الفوسفور. وقد جد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز crt.

ويذكر Zobel (١٩٨٦) عدة طفرات تتحكم فى النمو الجذرى لنبات الطماطم، منها ما يلى:

١ ـ الطفرة المتنحية dgt، وهى غير قادرة على إنتاج جذور جانبية.

٢ ـ الطفرة المتنحية ro، وهى غير قادرة على إنتاج جذور عرضية.

وقد وجد أن النبات الأصيل المتنحى فى الطفرتين (dgt dgt ro ro) ـ وهو الذى يفترض أن يكون خالياً من أية جذور غير الجذر الأولى ـ ينمو به عدد يصل إلى ١٢ جذراً من السويقة الجنينية السفلى والجزء العلوى من الجذر الأولى. كما أن المجموع الجذرى للنبات dgt dgt يكون طبيعياً إذا طعم عليه نبات ـ Dgt.

٣ ـ الطفرة المتنحية brt (نسبة إلى bushy root)، التى يظهر بها عدد كبير من الجذور من الجزء القاعدى للسويقة الجنينية السفلى ومن الجذر الرئيسى؛ أما نموها الخضرى فهو صغير وضعيف. وقد وجد أن هذا الشكل المظهرى يتكون نتيجة لتراكم النشا فى قاعدة الساق والجذر. وقد تبين أن تطعيم الطفرة brt brt على أصل طبيعى يجعل النمو الخضرى للطعم طبيعياً، بينما يؤدى تطعيم النبات الطبيعى على الطفرة إلى جعل النمو الخضرى للطعم طفرياً.

٤ ـ طفرة الجذر المتقزم dwarf root التى تجعل النمو الجذرى متقزما، دون أن يكون لها أى تأثير فى النمو الخضرى. ويمكن أن تفيد هذه الطفرة فى حالة الرى بالتنقيط، وعند الزراعة بنظام تقنية الغشاء المغذى Nutrient Film Technique.

البطاطس

تعد البطاطس من المحاصيل الحساسة للجفاف؛ بسبب عدم تعمق نموها الجذرى. وقد أوضحت دراسات Ekanayake & Midmore (١٩٩٢) أن القوة اللازمة لجذب النباتات من التربة ترتبط بطول الجذور ووزنها الجاف (r = ٠,٥٦٩) تحت ظروف الجفاف المتوسط الشدة. كما وجدا أن صفة تحمل الجفاف (معبراً عنها بالإنتاجية العالية وبالقوة الكبيرة التى تلزم لجذب النباتات من التربة تحت ظروف نقص الرطوبة الأرضية) فى السلالة MS - 35. 22.R كانت أفضل مما فى صنف المقارنة العالى المحصول LT-7، بينما وجدت درجات متوسطة من تحمل الجفاف فى السلالات Br - 63. 15، وCruza 27، و Haille ، وMEX-21 .

ثانياً: تحمل زيادة الرطوبة الأرضية (ظروف الغدق)

أضرار زيادة الرطوبة الأرضية

يؤدى غدق التربة (تشبعها بالرطوبة لفترات طويلة) إلى نقص النمو النباتى الجذرى والقمى، ونقص إنتاج المادة الجافة، وضَعف المحصول. ويرجع ذلك إلى سرعة نفاذ الأوكسجين الموجود فى التربة (سواء منه المحتجز ضمن الهواء فى المسافات الضيقة بين حبيبات التربة أو الذائب فى الماء)؛ بسبب تنفس جذور النباتات وكائنات التربة الدقيقة.

ونظراً لصعوبة انتشار أوكسجين الهواء الجوى فى الأراضى الغدقة؛ لذا.. فإن تجديد أوكسجين التربة ـ فى هذه الظروف ـ لا يتم بالكفاءة اللازمة. ويترتب على ذلك إجبار الجذور على أن تتحول من التنفس الهوائى إلى التنفس اللاهوائى؛ الأمر الذى يؤدى إلى اختلال النشاط الأيضى، ونقص إنتاج الـATP، مع تراكم نواتج التنفس اللاهوائى السامة، وسرعة استهلاك المركبات العضوية.

ويؤدى نقص الطاقة الميسرة للجذور إلى نقص امتصاص الماء والعناصر الغذائية وانتقالها فى النبات. كما يؤثر اختلال النشاط الأيضى فى الجذور - سلبياً - على التوازن الهرمونى فى النمو القمى، وعلى تمثيل الجبريللينات والسيتوكينينات وانتقالها فى الجذور. كذلك يزيد تركيز الأوكسين فى سيقان النباتات؛ نتيجة لعدم انتقاله إلى الجذور، أو بسبب تثبيط نشاط إنزيم IAA-oxidase فى السيقان.

ولعل من أبرز التغيرات الهرمونية - التى تحدث فى النباتات تحت ظروف الغدق - الزيادة الكبيرة فى تركيز الإثيلين. وقد تبين أن تركيز مركب1-aminocyclopropane- 1- carboxylic acid (يكتب اختصارا: ACC)يزيد فى الطماطم تحت ظروف الغدق، وهو الذى يتحول فى النباتات إلى إثيلين، بينما يقل أو يثبط تحوله إلى إثيلين فى الظروف الهوائية. لذا.. يعتقد أنه يتراكم فى الجذور تحت ظروف الغدق، ثم ينقل إلى النموات الخضرية (التى يتوفر لها الأوكسجين)، ليتحول فيها إلى إثيلين. ويعد الإيثيلين هو المسئول عن اتجاه أعناق الأوراق إلى أسفل Epinasty تحت ظروف الغدق.

كذلك يؤدى التنفس اللاهوائى إلى زيادة تركيز بعض العناصر - مثل الحديد والمنجنيز - إلى مستويات سامة (بسبب خفض التنفس اللاهوائى لـ pH التربة)، وتراكم بعض الأحماض العضوية (مثل حامض الخليك، والبروبيونيك، والبيوتيرك)، والمركبات الفينولية (مثل para - hydroxybenzoic، وpara - cumaric)، والغازات (مثل ثانى أكسيد الكربون، والإثيلين، والميثان، وكبريتيد الأيدروجين) إلى مستويات ضارة بالنمو النباتى.

ويؤدى التنفس اللاهوائى إلى عدم توفر الطاقة اللازمة لاستمرار بقاء الأغشية الخلوية بصورة طبيعية؛ الأمر الذى يفقدها بعض خصائصها الهامة للنبات.

وتنشط فى الأراضى الغدقة عمليات تحول الآزوت العضوى (الموجود فى المادة العضوية والذى يعتمد عليه النبات كمصدر للنيتروجين) إلى الصورة الغازية، فيما يعرف بالـ denitrification، كما تغسل وتفقد النترات من التربة بسبب كثرة محتواها الرطوبى؛ ويترتب على ذلك افتقار النباتات إلى النيتروجين وظهور أعراض نقصه (عن Krizek ١٩٧٩).

خصائص النباتات التى تتحمل النمو فى الغدقة

من أهم الخصائص التى تتميز بها النباتات التى يمكنها النمو فى ظروف نقص الأوكسجين فى الأراضى الغدقة ما يلى :

١ ـ زيادة المسافات البينية فى نسيج القشرة، لتكون بمثابة قنوات بامتداد الجذور؛ تسمح بمرور الغازات بينها وبين النموات الخضرية للنبات. وتعرف الخلايا البرانشيمية التى توجد فى المسارات الهوائية باسم Aerenchyma. تظهر تلك المسافات الهوائية ـ بوضوح ـ فى الأرز، والسراخس، وعديد من النباتات المائية، كما تظهر فى النباتات التى تتحمل الغدق من القمح، والشعير، والذرة، ودوار الشمس، والطماطم. وفى كثير من الحالات.. توفر هذه القنوات الهوائية كل احتياجات الجذور من الأوكسجين، بالإضافة إلى بعض احتياجات الكائنات الدقيقة ـ التى تعيش حول الجذور ـ من الغاز.

ويعتقد أن نسيج الـ Aeremchyma (الخلايا البرانشيمية المحيطة بالمسارات والفراغات الهوائية الكبيرة فى القشرة) يتكون عند انهيار بعض خلايا القشرة؛ بسبب عدم كفاية الطاقة التى تصل إليها تحت ظروف التنفس اللاهوائى. كما اقترح أن الإثيلين ـ الذى يتراكم فى الظروف اللاهوائية ـ يؤدى إلى زيادة نشاط إنزيم السليوليز Cellulase؛ الذى يؤدى ـ بدوره ـ إلى تفكك الخلايا عن بعضها وظهور الفجوات الهوائية.

٢ ـ تكوين جذور عرضية قريبة من سطح التربة؛ حيث يقل النقص فى الأكسجين، أو يكون تعويض النقص الذى يحدث فى الغاز سريعا. يحدث ذلك فى عديد من النباتات؛ منها الطماطم ودوار الشمس.

٣ ـ اللجوء إلى بدائل لمسارات التحويلات الكيميائية الحيوية ـ الخاصة بالتنفس ـ يقل فيها إنتاج الكحول الإثيلى. ومن أمثلة هذه البدائل تكوين الأحماض العضوية؛ مثل الماليك، والشيكميك Shickimic.

٤ ـ زيادة كفاءة النباتات ـ مقارنة بالنباتات الحساسة للأراضى الغدقة ـ فى الاستفادة من النترات كمستقبل للإليكترونات (بدلاً من الأوكسجين) فى حالات الغياب الجزئى

للأوكسجين؛ حيث يلاحظ زيادة واضحة فى نشاط إنزيم nitrate reductase فى جذور وأوراق النباتات التى تتحمل الأراضى الغدقة خلال فترات تشبع التربة بالرطوبة.

٥ ـ كذلك تزيد كفاءة النباتات التى تتحمل الأراضى الغدقة فى تمثيل الأحماض الأمينية تحت هذه الظروف؛ الأمر الذى يسمح بإعادة أكسدة الـ $NADH_2$ تحت ظروف غياب الأوكسجين (عن Krizek ١٩٧٩).

طرق التقييم لتحمل الأراضى الغدقة

يعد إجراء التقييم تحت ظروف تشبع التربة بالماء لفترات طويلة هو الطريقة الوحيدة المؤكدة للتعرف على مدى تحمل النباتات لغدق التربة، إلاّ أن هذه الطريقة تتطلب كثيراً من الوقت والجهد. ويعد البديل لذلك هو إما إجراء التقييم فى مزارع مائية تنقصها التهوية الجيدة للمحاليل المغذية، وإما بالاعتماد على تقدير أى من الخصائص التشريحية أو الفسيولوجية للنباتات التى تتحمل ظروف الغدق، والتى سبقت مناقشتها.

وقد توافقت نتائج التقييم فى المزارع المائية مع نتائج التقييم الحقلى فى كل من: الطماطم، والشعير، ولفت الزيت، ولكن نباتات البسلة كانت أكثر تحملاً لظروف الأكسجين ـ فى المزارع المائية ـ منها فى الحقول الغدقة.

الاختلافات الوراثية فى تحمل غدق التربة فى المحاصيل الزراعية

تختلف الأنواع المحصولية كثيراً فى مدى تحملها لظروف غدق التربة، كما يلى:

محاصيل حساسة للغدق	محاصيل متوسطة التحمل	محاصيل تتحمل غدق التربة
الطماطم	البرقوق	دوار الشمس
الشعير		الذرة
الخوخ		التفاح
المشمش		الكمثرى

ولكن ما يهمنا فى هذا المقام هى الاختلافات الوراثية بين أصناف وسلالات النوع الواحد فى تحملها لظروف الغدق. فمثلا.. وجد أن صنف القمح Pato يتحمل غدق التربة بدرجة أكبر من الصنف Inia، وكلاهما من الأصناف المكسيكية القصيرة العالية المحصول. ووجدت اختلافات مماثلة فى فول الصويا؛ حيث لم يتأثر المحصول فى الصنف Lee عندما غمرت التربة بالماء لمدة أسبوع واحد خلال مرحلة التهيئة للإزهار، ونقص محصوله بمقدار ٦ ، و ١٨٪ عندما استمر غمر التربة بالماء لمدة أسبوعين، أو ثلاثة أسابيع على التوالى، مقارنة بنقص قدره ٨ ، و ٣٨ ، و ٥٩٪ فى محصول الصنف الحساس Dorman عندما غمرت التربة بالماء ـ خلال نفس مرحلة النمو النباتى ـ لمدة أسبوع واحد، وأسبوعين، وثلاثة أسابيع، على التوالى.

ونقدم مزيداً من التفاصيل عن الاختلافات الوراثية لتحمل غدق التربة فى كل من الأرز، والطماطم، والفاصوليا ؛ وذلك من خلال مناقشتنا للموضوع التالى.

التقدم فى التربية لتحمل ظروف غدق التربة

١ ـ الأرز الطافى Floating Rice :

يزرع الأرز الطافى فى المناطق التى تغمر فيها الأمطار التربة بالماء لارتفاع ٢ ـ ٣ أمتار لمدة ٣ ـ ٤ شهور من كل عام. وتبلغ المساحة المزروعة به فى العالم أكثر من ٥ مليون هكتار سنوياً. وفى ببنجلادش.. يزرع صنف الأرز الطافى Rayada فى مناطق يصل فيها ارتفاع الماء إلى مسافة ١٢ ـ ٢٠ متراً؛ حيث يزيد طول النبات ـ تحت هذه الظروف ـ بمعدل ٣٠ سم يومياً.

ويجب أن تتوفر عدة صفات فى سلالات الأرز الطافى لكى تنجح زراعتها، كما يلى:

أ ـ تزرع بنور هذه السلالات نثراً فى الأرض المستديمة مباشرة، ولا تشتل؛ ولذا.. يتعين أن تكون قادرة على تحمل ظروف الجفاف فى المراحل الأولى لنموها.

ب ـ يحدث الفيضان بعد ذلك؛ نتيجة لتساقط الأمطار بغزارة شديدة إلى درجة أن النمو

النباتى لا يمكنه مجاراة الارتفاع اليومى فى منسوب المياه؛ الأمر الذى يعنى بقاء النباتات مغمورة بالماء لعدة أيام؛ ولذا .. يتعين أن تكون النباتات قادرة على تحمل ظروف الغمر بالماء أيضاً.

جـ - كما يحدث أن ينخفض منسوب المياه بسرعة عقب انحسار الفيضان؛ ولذا .. يجب أن تكون السيقان الطويلة قادرة على الانحناء؛ بحيث تبقى الأوراق الثلاث العلوية أعلى مستوى الماء؛ لتجنب تحلل الأوراق، وتغذية الأسماك على نورة النبات.

تعد جميع أصناف الأرز الطافى قليلة المحصول وحساسة للفترة الضوئية، ولكن أمكن إنتاج عددا من السلالات غير الحساسة بالتربية.

هذا .. وتورث جميع الصفات التى تلزم لإنتاج أرز طافى غير حساس للفترة الضوئية مستقلة؛ مما يسهل كثيراً من مهمة المربى (عن Frey ١٩٨١).

٢ - الطماطم:

تتوفر القدرة على تحمل الرطوبة الأرضية العالية فى عدد من أصناف وسلالات الطماطم؛ منها: السلالة LA 1421 (Rebigan وآخرون ١٩٧٧)، والصنف VF 134؛ ففى تجربة أجريت فى نيوزيلندة - لتقييم بعض أصناف الطماطم - هطلت أمطار غزيرة بلغت ٥٧ سنتيمتراً فى يوم واحد، وأدت إلى القضاء على جميع الأصناف فيما عدا الصنف VF 134 (W.L. Sims اتصال شخصى).

وقد أجريت دراسة موسعة على التقييم لتحمل الرطوبة الأرضية العالية فى المعهد الآسيوى لبحوث وتطوير الخضر، قام بها Kuo وآخرون (١٩٨٢). تضمنت الدراسة ٤٦٣٠ صنفاً وسلالة من الجنس Lycopersicon، ووجد الباحثون أن ثمانى سلالات منها فقط - أى أقل من ٠,٢٪ من العدد الكلى - أظهرت قدرة على تحمل فترات قصيرة من الإغراق بالماء Flooding المصاحب بارتفاع فى درجة الحرارة، وكانت أفضل السلالات هى L-123، وبالرغم من ذلك.. فقد كانت هذه السلالة أكثر حساسية للإغراق من سبعة أنواع أخرى من الخضر قورنت بها تحت نفس الظروف. وفى الولايات المتحدة.. وجدت المقاومة العالية

للإغراق بالماء (لمدة خمسة أيام) فى سلالة الطماطم P.I. 406966 (McNamara Mitchell ١٩٨٩).

يؤدى تعرض نباتات الطماطم للإغراق بالماء إلى ظهور سلسلة من الأعراض التى يمكن التنبو بها؛ وهى: انحناء أنصال الأوراق إلى أسفل Leaf epinasty، وانغلاق الثغور، وضعف النمو الخضرى فى خلال الـ ٢٤ ساعة الأولى. ثم تظهر أعراض الاصفرار Chlorosis، وسقوط الأوراق الكبيرة بعد ٧٢ ـ ٩٦ ساعة من بداية التعرض للغرق. وتظهر الجذور العرضية على الأجزاء القاعدية من الساق ـ عادة ـ بعد ٢٤ ساعة أخرى. وتلعب القدرة على تكوين هذه الجذور العرضية دوراً كبيراً فى القدرة على تحمل الإغراق. ويتناسب مقدار النقص المشاهدة فى الوزن الجاف للنبات، ومساحة الأوراق والمحصول ـ عكسياً ـ مع قدرة النبات على تكوين الجذور العرضية.

وقد وجد Poysa وآخرون (١٩٨٧) أن هذه الجذور العرضية شكلت أكثر من ٥٠٪ من النمو الجذرى فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بالماء بصورة مستمرة، بينما كان نموها محدودا فى النباتات التى تعرضت لظروف الإغراق بصورة متقطعة. وقد اقترح McNamara & Mitchell (١٩٨٩) أن المقاومة للإغراق بالماء ربما يكون مردها إلى احتياج جذور السلالات المقاومة إلى كميات أقل من الأكسجين لتنفسها، وقدرتها على التخلص من المركبات السامة التى تتكون أثناء تعرضها للإغراق.

وفى دراسة لاحقة (Mcnamara & Mitchell ١٩٩٠).. وجد أن سلالة الطماطم المقاومة للإغراق P.I. 406966 كونت جذوراً عرضية كثيرة خلال خمسة أيام من معاملة التعرض للإغراق مقارنة بالسلالة P.I. 128644 من L. peruvianum var. dentatum غير المقاومة التى كونت جذوراً عرضية قليلة. كما ازدادت مسامية السويقة الجنينية السفلى فى السلالة المقاومة للإغراق بنسبة ٣ ـ ٦٪، و٨٪ بعد ٣٦، و٧٢ ساعة من التعرض للإغراق بالماء على التوالى، بينما لم تتأثر المسامية فى السلالة غير المقاومة.

وعلى صعيد آخر.. وجد Kuo & Chen (١٩٨٠) تماثلاً كبيراً بين تأثير كل من معاملة الإغراق بالماء Flooding ، والمعاملة بالإيثيفون عن طريق ماء الرى على نباتات الطماطم

فكلاهما أدى - فى عدد من الأصناف - إلى ضعف نمو الساق، واصفرار الأوراق وميلها لأسفل، ونمو الجذور الجانبية. وقد كانت أكثر السلالات تحملا للإغراق - وهى L 123 - أقلها فى تراكم الحامض الأمينى برولين Proline بها تحت هذه الظروف. هذا.. علماً بأن مستوى البرولين فى النبات يتحدد بمدى النقص فى مستوى الأكسجين فى التربة أثناء التعرض للإغراق؛ فكلما ازداد النقص فى الأكسجين.. ازداد تراكم البرولين فى أنسجة النبات. وقد أدى ذلك إلى اعتقاد الباحثين أن مقاومة السلالة L 123 للإغراق مردها - جزئياً - إلى قدرتها على نقل الأكسجين من النموات الهوائية إلى الجذور.

٣ - الفاصوليا:

استخدم Nelson وآخرون (١٩٨٣) الطرق التالية لتقدير قدرة نباتات الفاصوليا على تحمل النمو فى الأراضى الغدقة التى تزيد فيها الرطوبة الأرضية لفترات طويلة.

أ - تقدير معدل تنفس الجذور تحت ظروف الرطوبة العالية بطريقة Triphenyl Tetrazoli-um Chloride Reductin Method (اختصاراً TTC).

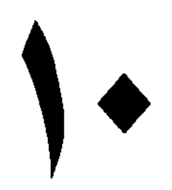
ب - تقدير غير مباشر لمدى تلف الأغشية الخلوية لجدر الخلايا - حال تعرض الجذور للرطوبة العالية - بطريقة التوصيل الكهربائى Electrical Conductivity.

جـ - تقدير مدى فقد النباتات للرطوبة بقياس الجهد المائى Water Potential بأنسجة الخشب فى الحزم الوعائية؛ بطريقة الـ Pressure Chamber (اختصاراً PC).

د - تقدير عينى يعتمد على المظهر الخارجى.

وقد أظهرت نتائج الدراسة توافقاً بين مختلف الطرق، لدى تطبيقها على ثلاثة تراكيب وراثية تختلف فى مدى قدرتها على تحمل النمو فى الأراضى الغدقة. وقد تطلبت طريقتا الـ TTC والتوصيل الكهربائى وقتاً طويلاً لإجرائهما، وأعطت أكثر النتائج تبايناً، بينما كانت نتائج اختبار الـ PC مرتبطة بشدة (r = ٠,٨٥) بالتقدير العينى. وكانت أكثر السلالات قدرة على تحمل الرطوبة العالية - فى الدراسة - هى PO 74 .





التربية لتحمل زيادة العناصر في التربة أو نقصها

ترتبط مشكلة زيادة تركيز العناصر المعدنية ارتباطاً مباشراً بانخفاض الرقم الأيدروجينى للتربة فى الأراضى الحامضية. فمع انخفاض pH التربة عن ٥,٠ تتوفر تركيزات عالية من عدد من العناصر، أهمها الألومنيوم، والحديد، والمنجنيز؛ الأمر الذى يحد من قدرة النباتات على النمو فى تلك الأراضى. ويصبح تركيز الألومنيوم والعناصر الأخرى ساماً للنباتات فى pH من٣,٥ إلى ٤,٥.

ومن البديهى أن هذه المشكلة لا توجد فى أراضى المناطق الجافة وشبه الجافة التى يرتفع فيها رقم pH التربة كثيراً عن نقطة التعادل؛ الأمر الذى يؤدى إلى تثبيت؛ ومن ثم.. ظهور مشكلة أخرى هى نقص بعض العناصر المغذية، والتى من أهمها: الحديد، والزنك، والمنجنيز.

وبالإضافة إلى مشكلتى زيادة ونقص العناصر المرتبطتين بالتغير فى pH التربة.. فهناك مشكلة عدم كفاية محتوى جميع أنواع الأراضى - بصورة عامة - من العناصر الأولية الضرورية للنبات؛ وهى: النيتروجين، والفوسفور، والبوتاسيوم (ويشذ عن ذلك الأراضى العضوية بالنسبة لعنصر النيتروجين الذى يكون عالياً فيها)؛ ولذا.. نولى استجابة النباتات للتسميد وكفاءتها فى الاستفادة من التركيزات الميسرة المنخفضة من العناصر المغذية اهتماما خاصاً فى هذا الفصل.

كذلك يؤثر pH التربة فى نشاط مختلف الكائنات الدقيقة التى تعيش فيها. ويهمنا فى هذا المقام بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى من الجنس رايزوبيم Rhizobium. وقد أوضحت الدراسات التى أجريت فى هذا الشأن اختلاف سلالات النوع R. japonicum ـ الذى يعيش تعاونيا مع فول الصويا ـ باختلاف التربة (عن Devine ١٩٨٢).

ولما كانت الحاصل غير البقولية لا يمكنها المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية، والمحاصيل البقولية تختلف فى مدى استفادتها من تلك المعيشة، وسلالات بكتيريا العقد الجذرية تتفاوت فى مدى قدرتها على تثبيت آزوت الهواء الجوى؛ لذا.. فإننا نستعرض أيضاً ـ فى هذا الفصل ـ جهود التربية فى تلك المجالات؛ لعلاقتها بتحمل النباتات لنقص الآزوت فى التربة.

ومن المصادر الهامة التى يمكن الرجوع إليها ـ للتعمق فى موضوعات هذا الفصل ـ كل من Epstein (١٩٧٢)، وWright(١٩٧٦) وDevine(١٩٨٢)، وGabelman وآخرين (١٩٨٦).

تحمل زيادة تركيز العناصر المعدنية فى التربة

ليست كل العناصر التى يزيد تركيزها فى الأراضى الحامضية ـ إلى درجة السمية ـ من العناصر الغذائية التى يحتاج إليها النبات. فالألومنيوم ـ مثلاً ـ الذى يعد أكثر العناصر سمية للنباتات فى الأراضى الحامضية ليس من العناصر المغذية الضرورية لنموها.

ويتعين تحديد المشكلة جيداً قبل بدء برنامج التربية لنعرف ـ بدقة ـ أترجع إلى مجرد انخفاض pH التربة؟ أم إلى زيادة عنصر أو عناصر معينة فيها؟ أم إلى التفاعل بين اثنين أو أكثر من تلك العوامل؟.. ويعد ذلك ضروريا ليمكن توفير الظروف المناسبة التى تجرى فيها اختبارات التقييم.

الألومنيوم

يمكن إجراء التقييم - لتحمل زيادة تركيز الألومنيوم - فى طور البادرة فى الأراضى التى يزيد فيها تركيز هذا العنصر، ولكن يتعين الربط بين استجابة النباتات فى هذا الطور المبكر من النمو واستجابة النباتات البالغة. وقد أجريت - بالفعل - معظم دراسات التقييم لتلك الصفة فى أراض شديدة الحموضة. ولكن نظراً لسهولة الانتخاب لصفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى مزارع الأنسجة.. فقد اعتمد كثير من الباحثين على تقنيات مزارع الأنسجة لتأمين هذه الصفة.

ونستعرض - فيما يلى - الجهود التى بذلت فى عدد من المحاصيل الزراعية لأجل زيادة تحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الميسر لامتصاص النبات فى التربة.

١ - القمح :

تتوفر اختلافات كثيرة - طبيعية - بين أصناف القمح فى مدى حساسيتها، وتحملها لارتفاع تركيز الألومنيوم الذائب فى التربة. وقد أفاد ذلك كثيراً فى منع اندثار زراعة القمح فى دولة مثل البرازيل التى تتميز بتربتها العالية الحموضة، والتى يزيد فيها تركيز الألومنيوم الميسر إلى درجة السمية.

بدأت تربية القمح لتحمل الألومنيوم - فى البرازيل - فى عام ١٩١٩ فى أراض شديدة الحموضة. ومن خلال هذا البرنامج اكتشفت صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى الصنف Polyssu ، وهو الذى نقلت منه هذه الصفة إلى جميع الأصناف التى انتشرت بعد ذلك فى الزراعة فى البرازيل؛ مثل: Frontana، و Rio Nigro، و Bage، و Trintani، و IAS 54، و IAS 55، و Londrina . وتنتج هذه الأصناف من ٤ - ٥ أطنان من القمح /هكتار فى الأراضى العالية الحموضة - التى تبلغ مساحتها ملايين الهكتارات - دونما حاجة إلى إضافة الجير إليها لتعديل الـ pH.

وفى ولاية أوهايو الأمريكية اختبر ٤٣ صنفا وسلالة من القمح فى أرض ينخفض فيها الرقم الأيدروجينى إلى ٤,٣، ويرتفع فيها كثيراً تركيز الألومنيوم الذائب، ووجد أن الصنفين Fulton، و Thorne كانا أكثرها تحملا؛ حيث أنتجا من ٦٠ ـ ٨٠٪ من محصولهما عند هذا المستوى المنخفض من الـ pH مقارنه بما أنتجاه عندما أضيف ٢,٢ طناً من الجير/هكتار؛ لتعديل رقم pH التربة ليصبح ٥,٢، بينما لم تنتج الأصناف الأخرى سوى ٢٠ ـ ٣٠٪ من محصولها تحت ظروف انخفاض الـ pH.

وقد تم التوصل إلى طرق لاختبار تحمل الألومنيوم فى طور البادرة تحت ظروف البيوت المحمية، حيث تُنمَّى النباتات فى محاليل مغذية يضاف إليها تركيزات معلومة من الألومنيوم.

وأوضحت الدراسات الوراثية أن تحمل القمح للتركيزات العالية من الألومنيوم يتحكم فيها جين واحد سائد، ولكن يبدو أن تلك الصفة يتحكم فيها جينات مختلفة فى كل من الأصناف: Atlas 66، و Blueboy، و Pennoll.

وتتميز الأصناف التى تتحمل التركيزات العالية من الألومنيوم الميسر فى التربة بقدرة جذورها على إفراز مواد ترفع الـ pH فى التربة المحيطة بالجذور مباشرة (حيث يتم امتصاص العناصر)؛ الأمر الذى يؤدى إلى ترسيب الألومنيوم فيها. ويلاحظ أن ارتفاع pH التربة يحدث عند زراعة هذه الأصناف فى كل أجزاء التربة التى يصل إليها نمو الجذور، بينما يكون تعديل الـ pH فى الطبقة السطحية فقط من التربة (طبقة الحرث) عند إضافة الجير. وتعرف تلك الخاصية النباتية المؤثرة فى pH التربة ـ كذلك ـ فى كل من: الذرة، والسورجم، وفول الصويا، والعِكرِش fescue، وعشب weeping lovegrass (عن Frey ١٩٨١، و Lewis & Christiansen ١٩٨١).

ومن جهة أخرى.. وجد أن اختلاف أصناف القمح فى تحملها لزيادة الألومنيوم كان مرده إلى اختلافها فى تركيب الغشاء البلازمى الخارجى Plasmalemma لخلايا القمة النامية

للجذور، الذى يتحكم فى دخول الأيونات إلى خلايا الجذر. فمثلاً.. وجد أن تركيز الألومنيوم - الذى ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمى - يبلغ فى الصنف المتحمل Atlass 66 من ١٠٠ - ٢٠٠ مثل التركيز الذى ينفذ معه العنصر من خلال الغشاء البلازمى للصنف الحساس Brevor. وبمجرد نفاذ الألومنيوم إلى داخل الخلايا فإنه يضرها بدرجة متساوية فى كل من أكثر الأصناف تحملاً وأكثرها حساسية (عن Devine ١٩٨٢).

٢ - الذرة :

تتوفر الاختلافات الوراثية فى القدرة على تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم فى الذرة. وقد أوضحت الدراسات الوراثية أن هذه الصفة بسيطة وسائدة. ولكن نظراً لوجود اختلافات كبيرة فى مستويات تحمل الألومنيوم بين سلالات الذرة وفى العشائر الانعزالية.. لذا يعتقد وجود عدة آليلات لتحمل الألومنيوم فى موقع جينى واحد. ولم يمكن أثبات وجود أى تأثير أمى (سيتوبلازمى) فى الصفة.

٣ - الشعير :

أمكن فى الشعير - كذلك - التعرف على جين واحد سائد يتحكم فى صفة تحمل التركيزات العالية من الألومنيوم. ويوجد هذا الجين - الذى أعطى الرمز Alp - فى الصنفين Dayton، وSmooth Awn 86 (عن Devine ١٩٨٢).

٤ - الطماطم :

وجد Foy وآخرون (١٩٧٣) اختلافات جوهرية بين أصناف الطماطم فى قدرتها على النمو فى أراض ذات pH ٤,٢. وكانت أكثر الأصناف حساسية هى Tuckers Favorite ، و Anahu، وأكثرها تحملاً Ace، وOwyhee .

وقد احتوت جذور الأصناف المقاومة على كميات أقل من الألومنيوم مما فى جذور الأصناف الحساسة.

كذلك أمكن انتخاب عدة سلالات خلايا Cell lines من صنف الطماطم مارجلوب Marglobe بعد زراعتها فى بيئة مغذية، تحتوى على ألومنيوم فى صورة Al-EDTA بتركيز ٢٠٠ ميكرومول، واحتفظت هذه السلالات بصفة تحمل الألومنيوم حتى مع استمرار نموها فى مزارع ينقصها العنصر، لكن لم يمكن إنتاج نباتات من هذه السلالات؛ لأن الكالس كان مسناً.

٥ ـ الجزر :

أمكن انتخاب سلالات خلايا من الجزر متحملة للتركيزات المرتفعة من الألومنيوم، وهو على صورة كلوريد الألومنيوم، وأمكن إنتاج نباتات كاملة منها. وقد لقحت هذه النباتات ذاتياً، واختبرت بادراتها فى محلول مغذ، يحتوى على تركيز مرتفع من كلوريد الألومنيوم، ووجد أنها كانت على درجة عالية من القدرة على التحمل.

وقد تبين أن سلالات الخلايا التى تتحمل الألومنيوم تفرز فى بيئتها المغذية كميات من حامض الستريك أكثر مما تفرزه السلالات الحساسة، كما أمكن التغلب على سمية التركيزات العالية من الألومنيوم بإضافة حامض الستريك أو الماليك إلى البيئة المغذية. ويبدو أن حامض الستريك الذى تفرزه السلالات ـ التى تتحمل الألومنيوم ـ يتحد مع العنصر ويجعله فى صورة مخلبية؛ مما يعنى تعرض الخلايا لتركيزات منخفضة من الألومنيوم تكون أقل ضرراً عليها (عن Starvek & Rains ١٩٨٤).

المنجنيز

تتوفر اختلافات بين أصناف وسلالات البرسيم الحجازى فى القدرة على تحمل زيادة تركيز الألومنيوم فى التربة. وقد تبين أن هذه الصفة كمية ويتحكم فيها نظام وراثى إضافى.

وقد لوحظ وجود اختلافات بين الهجن العكسية، ولكن تبين أن مردها إلى اختلاف سلالات

الأمهات فى حجم البذور؛ الأمر الذى أثر فى الصفات التى اتخذت كمقياس لصفة التحمل.

كما وجدت ـ فى فول الصويا ـ اختلافات بين الهجن العكسية فى تحملها لزيادة تركيز عنصر المنجنيز، واقترح أن هذه الصفة يتحكم فيها عوامل سيتوبلازمية وأخرى كروموسومية.

كذلك وجدت اختلافات بين أصناف وسلالات جنس الخس Lactuca فى تحملها للتركيزات العالية من المنجنيز فى الأراضى المعقمة بالبخار (يؤدى التعقيم بالبخار إلى تيسر كميات كبيرة من المنجنيز ـ بتركيزات سامة للنبات ـ فى التربة). وتبين من التلقيحات التى أجريت بين صنف الخس الحساس للمنجنيز وثلاثة أصناف خس غير حساسة (هى: Plenos، و Celtuce، و Troppo) وسلالة غير حساسة من النوع البرى L. serriola.. تبين وجود أعداد مختلفة من الجينات المسئولة عن عدم الحساسية للمنجنيز فى مختلف الأصناف والسلالات كما يلى: جين واحد فى كل من Plenos، و Troppo، وجينان فى سلالة L. serriola، وربما أربعة جينات فى Celtuce، وتبين وجود ثلاثة من هذه الجينات فى مجموعة ارتباطية واحدة (عن Devine ١٩٨٢).

تحمل نقص العناصر المغذية

إن الاختلافات الوراثية بين النباتات يمكن أن تحدد مدى كفاءة النبات فى امتصاص العناصر الغذائية من التربة (Brown ١٩٦٧). وقد أوضح Vose أن دراسة مثل هذه الاختلافات يمكن أن تساعد المربى فى انتخاب وتربية أصناف تصلح للإنتاج تحت ظروف نقص بعض العناصر، أو بغرض زيادة نسبة عنصر معين فى النبات؛ بهدف تحسين قيمته الغذائية.

ومن أمثله المحاصيل التى حدث فيها تقدم فى التربية فى هذا المجال ما يلى :

١ ـ الذرة :

وجدت اختلافات فى صفة القدرة على امتصاص أيون الكبريتات بين ثلاث سلالات مرباة داخليا من الذرة، كما ظهرت قوة هجين لتلك الصفة فى الهجن.

وتبين أن تراكم عنصر الكالسيوم فى الذرة يتحكم فيه عدة جينات ذات تأثير إضافى. كما أظهرت الدراسات الوراثية تحكم نظام وراثى إضافى فى تركيز كل من الفوسفور، والبوتاسيوم، والمغنيسيوم، والنحاس، والبورون، والزنك، والمنجنيز، والألومنيوم، والحديد فى كيزان الذرة. ووجدت كذلك اختلافات وراثية فى امتصاص وتراكم الفوسفور ـ فى النبات ـ فى كل من المحاليل المغذية والحقل. وتوضح الدراسات إمكان إنتاج هجن من الذرة أكثر قدرة على امتصاص الزنك من الأراضى التى تؤدى فيها زيادة التسميد الفوسفاتى إلى ظهور أعراض نقص الزنك.

٢ ـ فول الصويا :

أنتج صنف فول الصويا Weber الذى يتميز بتحمله لنقص الحديد الذى يحدث فى الأراضى الجيرية التى أجرى فيها برنامج التربية.

٣ ـ الأرز :

قيمت عدة آلاف من أصناف وسلالات الأرز لتحمل النمو فى الأراضى القلوية، وأمكن التعرف على أفضلها؛ حيث استخدمت فى برنامج تربية لإنتاج سلالات عالية المحصول ذات قدرة كبيرة على تحمل قلوية التربة؛ مثل: IR 4427 - 28 - 3 - 2، و- IR 4227 - 10 - 4 - 3 - 1 .

كذلك أمكن التعرف على نحو ١٠٠ سلالة من الأرز قادرة على تحمل نقص الزنك، وعلى اختلافات وراثية كثيرة بين السلالات فى تحمل نقص كل من الفوسفور والزنك.

٤ـ الفاصوليا :

أمكن التوصل إلى سلالات من الفاصوليا أكثر قدرة على تحمل نقص الفوسفور؛ بل إنها قد تغل محصولاً أعلى عند نقص الفوسفور؛ مقارنة بما تغله عن زيادة التسميد بالعنصر (عن Devine ١٩٨٢).

٥ ـ الشوفان :

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف الشوفان فى مدى كفاءتها فى الاستفادة من المنجنيز الميسر لها فى التربة، وتبين أن الأصناف العالية الكفاءة تتميز بارتفاع محتوى نمواتها القمية من عنصر الكالسيوم. وفسر ذلك على أساس أن الكالسيوم يقوم ـ فى الأصناف العالية الكفاءة فى الاستفادة من المنجنيز ـ بجزء من الدور الذى يقوم به المنجنيز؛ الأمر الذى يوفر هذا العنصر للتفاعلات الحيوية التى لا غنى عنه فيها.

كذلك يتميز صنف الشوفان Cooker 227 بكفاءة أعلى فى الاستفادة من الحديد الميسر فى التربة عن الصنف TAM 0 - 312، وتبين أن الصنف الأول (الكفء) كان قادرا على اختزال أيون الحديديك إلى حديدوز على سطح الجذور، وأن محتواه من الكالسيوم كان أقل من محتوى الصنف الثانى (القليل الكفاءة). وقد اقترح أن الكالسيوم ينافس الحديد أو يثبط فعله فى الصنف TAM 0 - 312 .

٦ ـ الطماطم :

أ ـ النيتروجين :

قيم O'sullivan وآخرون (١٩٧٤) ١٤٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو فى محلول مغذ، يحتوى على مستوى منخفض من الآزوت؛ بتوفير العنصر بمعدل ٣٥ ملليجراماً فقط لكل نبات، ووجدوا اختلافات وراثية بين السلالات من حيث كفاءتها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بالملليجرام من المادة الجافة التى يُصنِّعها النبات مقابل كل ملليجرام من الآزوت الممتص. وتحت هذه الظروف.. كان الوزن الجاف للسلالات ذات الكفاءة أعلى بمقدار ٤٥٪ من السلالات القليلة الكفاءة.

وقد تبين من الدراسات الوراثية ـ التى أجريت على أكثر وأقل الأصناف كفاءة فى الاستفادة من الكميات القليلة المتاحة لها من الآزوت ـ أن هذه الصفة يتحكم فيها عدد قليل من الجينات، وأن الكفاءة العالية صفة سائدة، مع ظهور تفاعلات آلیلية من النوع الإضافى × الإضافى.

ب ـ الفوسفور :

وجد Coltmann وآخرون (١٩٨٥) اختلافا في معدل النمو بين سبع سلالات من الطماطم عند نقص الفوسفور في بيئة الزراعة، علماً بأن هذه السلالات تتماثل في معدل نموها في ظروف التغذية الطبيعية. وقد وصلت هذه الاختلافات إلى ٧٣٪. وأوضحت الدراسة أن معدل امتصاص الفوسفور لكل وحدة من وزن ـ أو طول ـ الجذر كان عاملاً أولياً في تحديد قدرة السلالة على امتصاص العنصر. كذلك كان لمدى قدرة السلالات على الاستفادة من الفوسفور الممتص دور هام في إبراز فروق النمو بينهما تحت ظروف نقص العنصر.

ونظراً لأن الفوسفور لا ينتقل في التربة.. فإن كفاءة النباتات في الاستفادة من الكميات المتاحة منه تتحدد بمدى تغلغل المجموع الجذري في التربة (عن Bliss ١٩٨١). وقد أوضحت دراسات Coltman (١٩٨٧) أن سلالات الطماطم القادرة على تحمل نقص الفوسفور كانت أكثر كفاءة في امتصاص العنصر، كما كانت شعيراتها الجذرية ـ تحت ظروف نقص العنصر ـ أطول، وغطّت الجذور لمسافة أطول مما في السلالات الحساسة.

وقد وجد أثناء تقييم عدد من سلالات الطماطم للكفاءة في امتصاص الفوسفور من محلول مغذ يحتوي على العنصر ـ بتركيز منخفض قدره ٩٧ ميكرومولاً ـ أن السلالة P.I. 121665 كانت على درجة عالية من الكفاءة. وقد تميزت هذه السلالة ـ دون غيرها ـ بكثافة شعيراتها الجذرية؛ لذا أطلق على هذا الشكل المظهري اسم الجذر القطني Cottony root. وبرغم أن سلالة أخرى ـ هي P.I. 1102716 ـ كانت على نفس القدر من الكفاءة في امتصاص الفوسفور.. إلا أن جذورها كانت عادية. وقد وجد Hochmuth وآخرون (١٩٨٥) أن صفة الجذر القطني متنحية، ويتحكم فيها جين واحد أعطي الرمز crt.

جـ ـ البوتاسيوم :

قيّم Makmur وآخرون (١٩٧٨) ١٥٦ سلالة من الطماطم للقدرة على النمو في محلول مغذ يحتوي على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٥ ملليجرامات لكل نبات، ووجدوا

اختلافات كبيرة بينها فى كفاءتها فى استغلال الكميات القليلة المتاحة من العنصر؛ معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من البوتاسيوم الممتص. وكان الوزن الجاف لأعلى السلالات كفاءة فى الاستفادة من البوتاسيوم - تحت هذه الظروف - يزيد بمقدار ٧٩٪ عن أقل السلالات كفاءة. وقد احتوت السلالات العالية الكفاءة على بوتاسيوم يقل بنسبة ٣٩٪، وصوديوم يزيد بنسبة ٢٩٪ فى أنسجتها؛ مقارنة بالسلالات المنخفضة الكفاءة. وأوضحت الدراسات الوراثية على هاتين السلالتين أن الجينات التى تتحكم فى الكفاءة العالية ذات تأثير إضافى أساساً، بينما كان تأثير السيادة والتفوق أقل.

وبرغم أن عنصر الصوديوم ليس ضرورياً لنمو الطماطم، إلا أنه يمكن أن يحل محل البوتاسيوم فى أمور عامة؛ مثل تنظيم الضغط الأسموزى؛ لذا.. فإن فصل تأثيرات كفاءة استفادة النبات من عنصر البوتاسيوم - فى الأمور التى ليس للصوديوم علاقة بها - عن التأثيرات فى الأمور التى يكون للصوديوم علاقة بها.. يعد ضرورياً لتحديد كفاءة السلالات فى الاستفادة من البوتاسيوم بصورة أفضل؛ وبناء على ذلك.. قام Figdore وآخرون (١٩٨٩) بتقييم ١٠٠ سلالة من الطماطم فى محلول مغذ يحتوى على مستوى منخفض من البوتاسيوم قدره ٠,٠٧١ مللى مول فى غياب - أو وجود - الصوديوم (المضاف)؛ للتعرف على الاختلافات بين السلالات فى كفاءة استعمال البوتاسيوم، وفى كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم، وفى تراكم الصوديوم بالأوراق العليا.

واعتماداً على النتائج المتحصل عليها.. اختيرت خمس سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الصفات السابقة، وأجريت بينها كل التلقيحات لدراسة وراثة تلك الصفات. وقد توصل الباحثون إلى أن درجة توريث صفة كفاءة استعمال البوتاسيوم - فى غياب الصوديوم - منخفضة، وتتأثر.. جوهرياً جداً - بكل من فعل الإضافة والسيادة والإضافة × الإضافة. وكانت درجة توريث صفة كفاءة إحلال الصوديوم محل البوتاسيوم عالية، وتأثرت جوهرياً جداً بفعل الإضافة والسيادة. كذلك كانت درجة توريث صفة تراكم الصوديوم بالأوراق

العليا عالية، وتأثرت ـ جوهرياً جداً ـ بفعل الإضافة. هذا .. وكان Makmur وآخرون قد وجدوا أن إحدى السلالات ذات الكفاءة العالية فى الاستفادة من البوتاسيوم تستجيب لإضافة الصوديوم حتى مع توفر البوتاسيوم بدرجة متوسطة.

د ـ الكالسيوم :

قام English & Maynard (١٩٨١) بتقييم ٢٤ صنفاً وسلالة من الطماطم من حيث القدرة على النمو فى محلول مغذ يحتوى على تركيز منخفض من الكالسيوم قدره ١٦,٥ ملليجراماً كالسيوم لكل نبات، ووجدا اختلافات وراثية بينها فى الاستفادة من الكميات المتاحة من العنصر، معبراً عن ذلك بعدد ملليجرامات المادة الجافة التى ينتجها النبات مقابل كل ملليجرام من الكالسيوم الممتص. كانت أكثر السلالات كفاءة هى سلالة الطماطم P.I. 205040، والسلالة P.I. 129021 من الهجين النوعى L. esculentum x L. pimpinellifolium اللتان احتفظتا بكفاءتهما العالية حتى فى المستويات المرتفعة من الكالسيوم.

كذلك قام Giordano وآخرون (١٩٨٢) بدراسة مماثلة على ١٣٨ سلالة من الطماطم، ووجدوا اختلافات وراثية بينها فى كفاءة الاستفادة من الكالسيوم المتاح لها؛ حيث أعطت السلالات العالية الكفاءة وزناً جافاً يزيد بمقدار ٨١٪ على السلالات القليلة الكفاءة، بينما كان الوزن الجاف لجميع السلالات متقارباً حينما كان الكالسيوم متوافرا بتركيز كاف قدره ٤٠٠ ملليجرام لكل نبات. وقد أظهرت الدراسة أن السلالات العالية الكفاءة كانت أكثر قدرة على امتصاص الكالسيوم من المحاليل المغذية الفقيرة بالعنصر، وأكثر كفاءة فى الاستفادة مما تمتصه منه.

كما تبين من دراسة وراثية ـ أجريت على أكثر وأقل السلالات كفاءة ـ أن هذه الصفة تتأثر أساساً بالفعل الإضافى للجينات. وفى دراسة وراثية أخرى ـ أجريت على أربع سلالات تمثل أقصى الاختلافات فى الاستفادة من الكالسيوم المتوفر بكميات قليلة قدرها ١٠ ملليجرامات من العنصر لكل نبات (Li & Gabelman ١٩٩٠) ـ وجد أن الكفاءة (معبراً عنها بالوزن الجاف للنبات) تتأثر بفعل الإضافة والسيادة للجينات المتحكمة فى الصفة، التى

تراوحت درجة توريثها ـ على النطاق العريض ـ من ٦٣٪ إلى ٧٩٪، وعلى النطاق الضيق.. من ٤٧٪ إلى ٤٩٪، ومن ٦٨٪ إلى ٧٥٪ فى عائلتين مختلفين.

٧ ـ الفاصوليا :

أ ـ الفوسفو :

درس Fawole وآخرون (١٩٨٢) وراثة كفاءة استفادة نبات الفاصوليا من الكميات المتاحة من عنصر الفوسفور ـ تحت ظروف نقص العنصر ـ واستخدمت لذلك ست عائلات من الفاصوليا، ناتجة من تلقيحات بين سلالات منتخبة ذات كفاءة عالية، أو متوسطة، أو منخفضة فى الاستفادة من العنصر. واتخذ الباحثون الوزن الكلى للنبات ـ تحت ظروف نقص العنصر ـ دليلاً على كفاءة النبات فى الاستفادة منه. وقد أوضحت الدراسة أن التفوق Epistasis كان له دور كبير فى وراثة تلك الصفة، خاصة تأثيرات الإضافة × الإضافة، والسيادة × السيادة، والإضافة × السيادة. وقد كانت تقديرات درجة توريث الصفة على النطاقين (العريض والضيق) عالية.

ب ـ البوتاسيوم :

لم يتمكن Shea وآخرون (١٩٦٧) من التعرف على اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الفاصوليا؛ من حيث قدرتها على امتصاص عنصر البوتاسيوم، إلا أنهم وجدوا اختلافات بينها فى مدى كفاءتها فى تمثيل البوتاسيوم الممتص، علما بأن تلك الاختلافات لم يكن مردها إلى اختلاف السلالات فى حجم البذور. وقد تبين أن صفة الكفاءة العالية فى تمثيل البوتاسيوم يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز Ke.

جـ ـ الحديد :

درس Coyne وآخرون (١٩٨٢) وراثة القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد فى الفاصوليا فى النسل الناتج من التلقيح بين السلالة الشديدة الحساسية P.I. 165078، والأصناف المقاومة GN Valley، و GN Emerson، و GN UI 59. وقد أوضحت نتائج الجيل

الثانى أن المقاومة كمية وسائدة سيادة تامة، بينما تبين من نتائج الجيل الثالث أن المقاومة يتحكم فيها زوجان من الجينات.

هذا.. ويتحكم الجذور فى امتصاص الحديد فى الطماطم، وفول الصويا، والحمص؛ وهو ما تحقق بدراسات التطعيم التى استخدمت فيها طعوم حساسة لنقص الحديد، وأصول مقاومة؛ حيث لم تظهر أعراض الاصفرار الناشىء من نقص الحديد فى الطعوم.كما تأكدت هذه الحقيقة بعمل التطعيم العكسى (باستخدام طعوم مقاومة لنقص الحديد، وأصول حساسة)؛ حيث ظهرت أعراض الاصفرار الناشىء من نقص الحديد على الطعوم.

وحينما أجرى Zaiter وآخرون (١٩٨٧) دراسة تطعيم مماثلة على الفاصوليا ـ استخدموا فيها الصنفين المقاومين لنقص الحديد GN Emerson، و Neb - WMI - 83 - 10 والصنفين الحساسين P.I. 165078، و Steuben Yellow Eye ـ تبين أن الأصول هى التى تتحكم فى المقاومة لنقص العنصر، ربما بسبب قدرتها على امتصاص العنصر أو نقله إلى السيقان. وقد كان نقص الحديد أكثر وضوحاً فى الحرارة المنخفضة (٢٤ْم نهاراً، و١٣ْم ليلاً) منه فى الحرارة المرتفعة (٢٩,٥ْم نهاراً، و١٨,٥ْم ليلاً).

وفى دراسة موسعة عن وراثة القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد استخدمت فيها ثلاثة تراكيب وراثية حساسة، وسبع مقاومة (هى: GN Valley، و GN 1140، و UI 59، و GN Emerson، و Pinto Ep-1، و Pinto Olathe، و Black Neb - WMI - 83 - 10)، ودرست الصفة فى الآباء والجيل الثانى، وبعض سلالات الجيل الثالث ـ وجد Zaiter وآخرون (٩٨٧ أ) أن صفة المقاومة يتحكم فيها زوجان من العوامل الوراثية السائدة المكملة لبعضها.

وتجدر الإشارة إلى أن مستوى الحديد المنخفض فى أوراق الفاصوليا ليس دليلاً على نقص العنصر فى النبات؛ إذ إن تركيز العنصر فى الأوراق التى تظهر عليها أعراض الاصفرار غالباً ما يكون مساويا ـ أو أعلى من ـ تركيز العنصر فى الأوراق الخضراء العادية؛ ويرجع ذلك إلى أن أقل من ١٪ من كمية الحديد التى توجد فى النبات هى التى

تدخل فى التفاعلات الحيوية، بينما يتواجد معظم الحديد فى الفيتوفرّين Phytoferrin الذى لا يكون ميسراً بسرعة عند الحاجة إليه فى التفاعلات الحيوية.

٨ ـ القنبيط :

اختبر Hochmuth (١٩٨٤) كفاءة ٤٠ سلالة من القنبيط فى الاستفادة من الكالسيوم الذى وفره لها فى محلول مغذ بمعدل ٣٧٥ ميكرومولاً/ نبات، ووجد أن أكثر السلالات كفاءة أنتجت ١٤ مثل الوزن الجاف لأقل السلالات كفاءة. كما زادت نسبة كفاءة الكالسيوم (مجم مادة جافة/ مجم كالسيوم بالنسيج النباتى) فى أعلى السلالات كفاءة بمقدار ثلاثة أمثال عما فى أقل السلالات كفاءة.

حالات عدم القدرة الوراثية على تحمل نقص العناصر الغذائية

ليس من بين أهداف المربى إنتاج أصناف غير قادرة على تحمل النقص فى العناصر الغذائية فى التربة، ولكن تلك الحالات توجد كطفرات طبيعية، وقد تفيد دراستها فى إنتاج أصناف أكثر تحملاً لتلك الظروف، ومن أمثلة تلك الحالات ما يلى :

١ ـ يوجد فى إحدى سلالات فول الصويا جين متنحٍ ـ أعطى الرمز fe ـ يتحكم فى ضعف كفاءة النبات فى الاستفادة من الحديد الميسر له، ويرجع ذلك إلى ضعف قدرة النباتات المتنحية الأصيلة fe fe على اختزال الحديديك Fe^{3+} إلى حديدوز Fe^{2+} على سطح الجذور. ولا يظهر تأثير هذا الجين إلاّ فى الجذور.

٢ ـ وجد أن سلالة الطماطم T 3820 غير قادرة على امتصاص ونقل الحديد بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث بلغ تركيز الحديد بها ربع التركيز الطبيعى، بالرغم من توفر العنصر للنبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز fer (Brown وآخرون ١٩٧٢)، كما تبين من دراسات التطعيم أن التركيب الوراثى للأصل هو الذى يتحكم فى امتصاص الحديد.

وقد تميزت الطماطم العادية التى تحمل الجين السائد Fer بقدرة جذورها ـ تحت ظروف نقص الحديد ـ على إفراز أيون الأيدروجين، الذى يزيد اختزال أيون الحديديك إلى حديدوز على سطح الجذور، كما تميزت كذلك بزيادة محتوى جذورها من حامض الستريك (عن Devine ١٩٨٢).

٣ ـ أوضح Brown & Jones (١٩٧١) أن نباتات نفس السلالة السابقة (T 3820) كانت ـ كذلك ـ غير قادرة على امتصاص ونقل البورون بكميات تفى بحاجة النبات من هذا العنصر؛ حيث كانت نباتات الطماطم صنف Rutgers أكفأ ١٥ مرة منها فى امتصاص العنصر.

كما اكتشف Wall & Andrus (١٩٦٢) طفرة أخرى شبه مميتة فى سلالة الطماطم T 3238 ـ أطلق عليها اسم الساق القابلة للكسر Brittle Stem ـ لا يمكنها نقل البورون داخل النبات. وقد تبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز btl.

٤ ـ وجدت فى السورجم صفة عدم القدرة على تحمل نقص عنصر الحديد، وتبين أنها صفة كمية (عن Zaiter وآخرين ١٩٨٧).

٥ ـ وجد من دراسة وراثية على أكثر وأقل أصناف البنجر حساسية لنقص البورون (بزراعة نباتات الآباء والجيلين الأول والثانى، والهجن الرجعية فى محلول مغذ يحتوى على بورون بتركيز ٠,٠٠١ جزءاً فى المليون) أن الحساسية لنقص البورون صفة بسيطة سائدة (Tehrani وآخرون ١٩٧١).

٦ ـ وجدت صفة عدم القدرة عيل تحمل نقص عنصر المغنيسيوم فى صنف الكرفس Utah 10B (وغيره من الأصناف)، وتبين أنه يتحكم فيها جين واحد متنح أعطى الرمز mg. ويؤثر هذا الجين سلبيا على امتصاص العنصر وانتقاله إلى النموات الخضرية (Pope & Munger ١٩٥٣ أ).

٧ـ وجدت كذلك صفة عدم القدرة على تحمل نقص البورون فى سلالة الكرفس S 48 - 54 - 1 ، وتبين أنه يتحكم فيها جين متنح (Pope & Munger ١٩٥٣ ب).

٨ - وجدت أيضاً صفة عدم القدرة على تحمل نقص الحديد فى بعض سلالات الذرة، ويتحكم فى ذلك الجين المتنحى ys الذى يؤثر فى امتصاص الجذور للعنصر.

٩ - يتحكم الجين np فى صفة عدم القدرة على تحمل نقص الفوسفور فى فول الصويا، وهو ذو سيادة غير تامة (عن Tal ١٩٨٤).

زيادة الكفاءة الوراثية فى الاستفادة من الأسمدة

يعد التسميد من أهم عمليات الخدمة الزراعية التى تعطى للمحاصيل الزراعية، كما أنه يشكل أحد بنود الإنفاق الرئيسية فى العملية الإنتاجية. ولا يمكن جنى الثمار الكاملة لتلك العملية ما لم تكن النباتات على درجة عالية من الكفاءة فى الاستفادة من الأسمدة المضافة؛ من حيث القدرة على امتصاص الجزء الأكبر منها من التربة، ونقلها إلى حيث تحتاج إليها، وتمثيلها، وتجنب الأضرار التى قد تنشأ عن زيادتها فى التربة أو فى أنسجتها.

ومع ارتفاع تكلفة حصاد المحاصيل البستانية قام المربون بإنتاج أصناف تحصد آلياً. وتتميز أصناف تلك المحاصيل - كما فى الطماطم مثلاً - بأنها تعطى نموا خضرياً مندمجاً، وإزهاراً وإثماراً كثيفين ومركزين، ومحصولاً عاليا ومبكراً، فضلاً على أنها تزرع كثيفة؛ الأمر الذى يترتب عليه شدة حاجتها إلى العناصر الغذائية خلال فترة زمنية قصيرة؛ ولذا.. فإن أية زيادة فى كفاءة امتصاص واستخدام العناصر المغذية - وخاصة البوتاسيوم - فى هذه الأصناف يعد أمرا مرغوبا فيه.

كذلك تنمو نباتات الغابات - فى الظروف الطبيعية - ببطء شديد؛ الأمر الذى يجعلها تحصل على حاجتها من العناصر المغذية من التربة، بالرغم من فقر التربة فى تلك العناصر. ولكن.. مع الاتجاه إلى إدارة تلك الغابات لتعطى عائداً أفضل.. فإن على المربى أن ينتخب سلالات من الأشجار تكون أقوى نموا وأكثر كفاءة فى الاستفادة من الأسمدة التى يمكن إضافتها فى ظل إدارة الإنسان لتلك الغابات (عن Epstein ١٩٧٢).

ومن أمثله المحاصيل التى حدث فيها تقدم فى التربية فى مجال الاستجابة للتسميد المرتفع ما يلى :

١ ـ القمح :

أمكن ـ بالتربية ـ إنتاج أصناف محسنة من القمح تستجيب للتسميد الآزوتى بدرجة عالية، مثل الصنف Sonora 64 الذى ازداد محصوله من ١٥٦٠ كجم / هكتار بدون تسميد آزوتى إلى ٦٤٧٠ كجم / هكتار عند التسميد بمعدل ١٦٠ كجم نيتروجيناً / هكتار؛ أى إن محصول القمح ازداد بمعدل ٣٠,٧كجم / كجم من الآزوت المضاف بالتسميد.

كذلك استجاب صنف آخر محسن ـ هو Lerma Rojo 64 ـ بنفس الطريقة، ولكن على مستوى أقل قليلاً من الصنف السابق.

أما الأصناف التى كانت منتشرة فى الزراعة المحلية (بالمكسيك) ـ مثل C-306 ـ فلم تستجب لزيادة التمسيد الآزوتى لأكثر من ٤٠كجم من النيتروجين للهكتار؛ حيث أنتجت حوالى ٣٧٥٠ كجم للهكتار عند هذا المستوى من التسميد، ثم نقص محصولها بزيادة معدل التمسيد عن ذلك.

٢ ـ الأرز :

أنتجت فى معهد بحوث الأرز الدولى بالفلبين أصناف من الأرز أكثر استجابة للتسميد الآزوتى، مثل الصنف IR8؛ الذى ارتفع محصوله إلى ٩٤٧٧كجم/ هكتار عندما سُمّد بمعدل ١٢٠كجم نيتروجيناً للهكتار. وبالمقارنة.. فإن الصنف المحلى الفليبينى Peta أعطى أعلى محصول له ـ وهو حوالى ٥٢٠٠كجم/ هكتار) عندما سُمّد بنحو ٣٠كجم آزوت للهكتار، ثم انخفض محصوله بزيادة التسميد الآزوتى عن ذلك إلى أن وصل المحصول ٢٥٠٠كجم/ هكتار عند مستوى آزوت ١٢٠كجم/ هكتار.

٣ ـ السورجم :

أمكن كذلك ـ بالتربية ـ إنتاج أصناف محسنة من السورجم ـ تستجيب للتسميد الآزوتى ـ من أمثلتها الصنف الذى بلغ محصوله نحو ٣٧٠٠كجم / هكتار عندما سُمِّد بمعدل ١٦٠كجم نيتروجيناً/ هكتار. وبالمقارنة.. ارتفع محصول الصنف الهندى المحلى من ٨٠٠

إلى ١٤٠٠ كجم فقط للهكتار عند زيادة مستوى التسميد الآزوتى من صفر إلى ١٦٠ كجم/ هكتار (عن The Rockefeller Foundation ١٩٦٦).

٤ ـ القطن :

تتوفر اختلافات بين أصناف القطن فى قدرتها على الاستجابة للتسميد البوتاسى والاستفادة منه؛ فمثلاً.. وجد ـ عندما كان طلب الأزهار والثمار على البوتاسيوم عالياً ـ أن امتصاص العنصر كان بمعدل ١٨٥كجم / هكتار فى صنف القطن Acala 4 - 42، مقارنة بنحو ١٦٤كجم /هكتار فى الصنف Acala 1517 - C، بالرغم من أن محصول بذور وشعر القطن كانا أعلى فى الصنف الأخير (عن Devine ١٩٨٢).

هذا.. وليس من بين أهداف المربى إنتاج أصناف غير قادرة على الاستفادة من الأسمدة التى تضاف إلى التربة، ولكن دراسة تلك الحالات قد تفيد المربى فى إنتاج أصناف أكثر استجابة للتسميد. وعلى سبيل المثال.. وجد فى فول الصويا جين ذو سيادة غير تامة ـ أعطى الرمز Np ـ يتحكم فى الحساسية لزيادة التسميد الفوسفاتى؛ حيث كانت الأشكال المظهرية ـ لمختلف التراكيب الوراثية تحت ظروف التسميد الفوسفاتى الغزير ـ كما يلى :

Np Np: بدون أية أعراض، أو تلطخ بنى خفيف على النموات الخضرية.

Np np: يظهر تلطخ بنى خفيف إلى متوسط.

np np: يظهر تلطخ بنى شديد.

زيادة الكفاءة الوراثية للمعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

تعيش بكتيريا تثبيت آزوت الهواء الجوى فى العقد الجذرية للبقوليات، وهى تتبع الجنس ريزوبيم Rhizobium الذى يوجد منه نحو ١٨ نوعاً متخصصاً على مختلف البقوليات، وقد يتعايش أكثر من نوع منها على محصول بقولى واحد، ونجد فى هذه الحالة اختلافا بين تلك الأنواع فى مدى كفاءتها فى تثبيت آزوت الهواء الجوى.

كذلك تعرف سلالات من النوع البكتيرى الواحد تتفاوت فى مدى كفاءتها فى تثبيت آزوت الهواء الجوى.

كما تعرف عديد من سلالات أنواع بقولية مختلفة غير قادرة على المعيشة تعاونيا مع بكتيريا العقد الجذرية. ويحدث ذلك لعدم قدرة البكتيريا على إصابة النبات البقولى؛ فلا تتكون أية عقد جذرية. ويتحكم فى هذه الصفة جينات متنحية. وقد تحدث الإصابة فى بعض السلالات البقولية، ولكنها لا تكتمل، ولا تتكون العقد الجذرية؛ بسبب وجود عوائق أمام أى من خطوات تلك العملية. ويتحكم فى هذه الصفة ـ فى مختلف البقوليات ـ جينات سائدة أو متنحية، وقد تتأثر بجينات محورة (عن Miller وآخرين ١٩٨٦).

وراثة القدرة على المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية

نتناول هذا الموضوع بالدراسة من خلال استعراضنا للتباينات الوراثية لتلك الصفة فى عدد من الأنواع النباتية كما يلى :

١ ـ وجد أن أحد نباتات عشيرة عادية من البرسيم الأحمر Red Clover كانت خالية من العقد الجذرية، وتبين أن تلك الصفة يتحكم فيها عامل وراثى واحد متنح مع عامل سيتوبلازمى، وكان هذا الجين مرتبطاً بجين آخر مسئول عن ضعف نمو النباتات واصفرارها.

٢ ـ اكتشفت سلالة من فول الصويا غير قادرة على تكوين عقد جذرية، وتبين أن هذه الصفة يتحكم فيها جين واحد متنح، ولم تكن مقاومة هذه السلالة للبكتيريا تامة؛ ففى بعض الظروف البيئية تمكنت بعض سلالات البكتيريا من تكوين عدد قليل من العقد الجذرية. وبإنتاج عديد من السلالات ذات الأصول الوراثية المتشابهة من أصناف فول الصويا التى تختلف فقط فى هذا الجين.. أمكن دراسة مدى تأثير عملية تثبيت آزوت الهواء الجوى على فول الصويا تحت ظروف الحقل.

٣ ـ وجدت فى بعض أنواع البرسيم تباينات وراثية كثيرة فى موعد ظهور العقد

الجذرية، علماً بأن ظهورها مبكراً يزيد من فرصة النبات من الاستفادة من الآزوت المثبت. ويستدل من الدراسات الوراثية على أن هذه الصفة كمية.

٤ ـ تبين أن عديدا من سلالات البسلة ـ التى تزرع فى الشرق الأوسط ووسط آسيا ـ تفشل فى تكوين عقد جذرية عند عدواها ـ فى أوروبا ـ بسلالات مختلفة من بكتيريا الجنس رايزوبيم. وتتوفر هذه الصفة فى الصنف الأفغانى Afghanstan، ويتحكم فيها جين واحد متنح. وتتمكن بكتيريا العقد الجذرية من إصابة الشعيرات الجذرية لهذا الصنف، ولكنها تكون انتفاخات صغيرة بدلاً من العقد الجذرية.

وفى الصنف الإيرانى Iran لا تتكون عقد جذرية فى حرارة ١٨ ـ ٢٠ْم ـ وهو المجال المناسب لنمو البسلة ـ بينما تتكون لدى تعرض النباتات لحرارة ٢٦ْم ولو لأيام قليلة. ويتحكم فى هذه الخاصية جين آخر متنح غير الجين الموجود فى الصنف أفغانستان.

كذلك عرفت عديد من سلالات البسلة الأخرى، وخاصة من أفغانستان، تقاوم واحداً أو أكثر من سلالات الرايزوبيم. وكانت صفة المقاومة للبكتيريا ـ فى جميع الحالات التى درست ـ يتحكم فيها جين واحد متنح.

وتتوفر اختلافات وراثية أيضاً فى عدد العقد الجذرية التى تتكون بالنبات، وهى صفة يتحكم فيها جين واحد. وبرغم أن محصول البسلة يتناسب طرديا مع عدد العقد الجذرية، إلاّ أن حجم العقد الكبير يمكن أن يعوض قلة عددها (عن Sneep & Hendriksen ١٩٧٩).

٤ ـ اكتشف Duc & Picard (١٩٨٦) طفرة متنحية فى الفول الرومى، تجعل النبات غير قادر على المعيشة مع بكتيريا العقد الجذرية R. leguminosarum المتخصصة على الفول الرومى. تكون جذور هذه النباتات خالية تماما من العقد الجذرية التى تعيش فيها البكتيريا، ويمكن تمييزها بكون نباتاتها تبدو صفراء اللون بعد استكمالها لمرحلة نمو الورقة الحقيقية الثالثة.

٥ ـ وجد فى اللوبيا أن التفاعل الجينى الإضافى كان أكثر أهمية من تفاعل السيادة، أو

تفاعل التفوق بالنسبة لوراثة كل من صفتى: عدد العقد الجذرية بالنبات، ونشاط إنزيم النيتروجينيز nitrognese، بينما كان العكس صحيحاً بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية بالنبات. وكانت درجات التوريث ـ المقدرة على النطاق العريض ـ عالية نسبياً بالنسبة لصفتى عدد العقد (٠,٥٥) ونشاط إنزيم النيتروجينيز (٠,٦٢)، ومنخفضة بالنسبة لصفة وزن العقد الجذرية (٠,٣٩) (Miller وآخرون ١٩٨٦).

٦ ـ وجد فى إحدى الدراسات على الفاصوليا أن الصنف Canyon كان أقلها قدرة على تثبيت الآزوت، بينما كان الصنف Viva Pink أكثرها قدرة؛ علماً بأن الصنف الأخير يدخل فى خلفيته الوراثية السلالة المكسيكية P.I. 203958 ذات القدرة العالية على تثبيت آزوت الهواء الجوى، وكان قد انتخب تحت ظروف استخدمت فيها مستويات منخفضة من الآزوت المضاف (عن Silberngael ١٩٨٦).

التباين فى مدى كفاءة بكتيريا العقد الجذرية على المعيشة التعاونية

وجد ـ فى عديد من الحالات ـ أن عدم قدرة بكتيريا العقد الجذرية (من جنس رايزوبيم) على تكوين تلك العقد (فى سلالات معينة من النباتات البقولية) يرجع إلى مقاومة العائل لهذه البكتيريا. ولذا.. يفيد انتخاب سلالات أكثر ضراوة من البكتيريا ـ من مناطق مختلفة من العالم ـ ليمكنها إصابة جذور البقوليات المقاومة، وخاصة فى المناطق المستصلحة حديثاً.

طبيعة القدرة على المعيشة تعاونيا مع بكتريا العقد الجذرية

أوضحت دراسات التطعيم أن تكُّون العقد الجذرية يتحكم فيه الأصل من خلال قابليته للإصابة ببكتيريا العقد الجذرية. كذلك يتحكم الأصل فى عدد العقد الجذرية المتكونة. أما قوة نمو هذه العقد ووزنها الطازج فقد تأثرا بالوزن الجاف والنشاط البنائى للطعم؛ حيث توقفا على كمية الغذاء المتوفرة بالأجزاء الهوائية للنبات (عن Miller وآخرين ١٩٨٧).

استخدامات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية

تأخذ دراسات الهندسة الوراثية فى مجال التربية لزيادة الاستفادة من بكتيريا الجنس رايزوبيم ـ التى تقوم بتثبيت آزوت الهواء الجوى فى جنور البقوليات ـ ثلاثة مسارات، كما يلى :

١ ـ نقل الجينات المسئولة عن تثبيت آزوت الهواء الجوى من البكتيريا إلى النباتات مباشرة.

٢ ـ نقل الجينات المسئولة عن تقبل النباتات البقولية للإصابة بالبكتيريا إلى نباتات أخرى غير بقولية.

٣ ـ زيادة كفاءة البكتيريا فى تثبيت آزوت الهواء الجوى (عن Dodds ١٩٨٥).

ولكن لم يحدث تقدم كبير فى تلك المجالات إلى الآن.

ولمزيد من التفاصيل عن موضوع التربية لزيادة كفاءة المعيشة التعاونية مع بكتيريا العقد الجذرية.. يراجع كل من : Postgate (١٩٧٥)، و Giles (١٩٨٠).





التربية لتحمل ملوثات البيئة

أولا: تحمل ملوثات الهواء الجوى

يتلوث الهواء الجوى فى بعض المناطق ببعض المركبات التى تضر بالمزروعات. ومن أوسع هذه المركبات انتشاراً وأكثرها ضرراً: غاز ثانى أكسيد الكبريت، والأوزون، وبدرجة أقل غازات وأبخرة الكلور، والأمونيا، وحامض الأيدروكلوريك، وبعض الغازات الأخرى الأقل أهمية؛ مثل الفلوريد، والإيثيلين، وثانى أكسيد النيتروجين.

وقد قُدِّر أن هناك ما يقرب من ١٢٥ مليون طن من ملوثات الهواء تنطلق سنويا فى أجواء الولايات المتحدة الأمريكية. وتشمل هذه الموثات: أول أكسيد الكربون بنسبة ٥٢٪، وأكاسيد الكبريت بنسبة ١٨٪، والهيدروكربونات بنسبة ١٢٪، وجزيئات مكونة للدخان بنسبة ١٠٪، وأكاسيد نيتروجين بنسبة ٦٪، ويرجع نحو ٦٠٪ من هذه الملوثات إلى وسائل النقل، وخاصة السيارات، و١٩٪ للصناعة، و١٢٪ لمحطات توليد الطاقة، و٩٪ لأعمال التدفئة وحرق المخلفات (جانيك ١٩٨٥). ويكثر الإثيلين بالقرب من المناطق الصناعية، وغاز الفلور بالقرب من مصانع الألومنيوم، والزجاج، والسوبر فوسفات.

تختلف الأنواع النباتية كثيراً فى مدى حساسيتها لمختلف ملوثات الهواء. ويبين جدول (١١ ـ ١) هذا التباين بالنسبة لمحاصيل الخضر. يفيد التقسيم المبين فى الجدول فى اختيار الأنواع المحصولية المناسبة للزراعة فى المناطق التى يزيد فيها تركيز تلك الملوثات، كما يفيد المربى فى تعرف الأنواع الحساسة التى تحتاج إلى توجيه الجهود إليها؛ لإنتاج أصناف منها تكون أكثر قدرة على تحمل تلك الملوثات.

جدول (١١ ـ ١) : تقسيم محاصيل الخضر حسب حساسيتها للمركبات التى تلوث الهواء الجوى.

المركب	الخضروات		
	حساسة	متوسطة	قادرة على التحمل
الأوزون	الفاصوليا ـ البروكولى ـ البصل ـ البطاطس ـ الفجل ـ السبانخ ـ الذرة السكرية ـ الطماطم ـ القاوون	الجزر ـ الهندباء ـ البقدونس ـ الجزر الأبيض ـ اللفت	البنجر ـ الخيار ـ الخس
ثانى أكسيد الكبريت	الفاصوليا ـ البنجر ـ البروكولى ـ كرنب بروكسل ـ الجزر ـ الهندباء ـ الخس ـ البامية ـ الفلفل ـ القرع العسلى ـ الفجل ـ الروبارب ـ السبانخ ـ الكوسة ـ البطاطا ـ السلق السويسرى ـ اللفت	الكرنب ـ البسلة الطماطم	الخيار ـ البصل ـ الذرة السكرية ـ الكرفس
الفلور	الذرة السكرية		الأسبرجس ـ الكوسة ـ الطماطم
PAN	الفاصوليا ـ البنجر ـ الكرفس ـ الجزر الهندباء ـ الخس ـ المسترد ـ الفلفل ـ السبانخ ـ الذرة السكرية ـ السلق السويسرى ـ الطماطم	الجزر	البروكولى ـ الكرنب ـ القنبيط ـ الخيار ـ البصل ـ الفجل ـ الكوسة
الإيثيلين	الفاصوليا ـ الخيار ـ البسلة ـ اللوبيا ـ الجزر ـ الكوسة ـ البطاطا ـ الطماطم	الجزر ـ الكوسة	البنجر ـ الكرنب ـ الهندباء ـ البصل ـ الفجل
الكلور	المسترد ـ البصل ـ الفجل ـ الذرة السكرية	الفاصوليا ـ الخيار ـ اللوبيا ـ الكوسة ـ الطماطم	الباذنجان ـ الفلفل
الأمونيا	المسترد		الطماطم

الأضرار التى تسببها ملوثات الهواء للمحاصيل الزراعية

أضرار الأوزون

يتكون الأوزن ـ أساساً ـ نتيجة لتاثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النيتروجين فى وجود الأوكسجين وهيدروكربونات قابلة للتفاعل، والتى تنتج ـ أساساً ـ من حالات الاحتراق غير التام؛ مثل عادم السيارات.

تُحْدِث تركيزات منخفضة من الأوزون ـ تترواح من ٠,٠٥ ـ ٠,١٢ حجماً فى المليون ـ لمدة ساعتين إلى أربع ساعات ـ أضراراً كبيرة لمعظم الأصناف الحساسة من بعض المحاصيل الزراعية. ويتواجد هذا التركيز ـ بالفعل ـ صيفاً فى أجواء بعض المناطق من العالم، وفى بعض أجزاء من الولايات المتحدة.

إن الأعراض العادية للإصابة بالأوزون Ozone (O_3) هى ظهور بقع صغيرة غير منتظمة الشكل، لونها بنى داكن يميل إلى السواد، أو رصاصى فاتح يميل إلى البياض على السطح العلوى للأوراق. وتعد الأوراق الصغيرة جدا والمسنة قادرتين على تحمل الأوزون، بينما تعد الأوراق التى أكملت نموها حديثًا شديدة الحساسية. وتظهر الإصابة غالبًا على قمة الورقة، وعلى امتداد حافتها. ومع اشتداد الإصابة قد تمتد الأعراض إلى السطح السفلى للورقة.

تعد الفاصوليا من أكثر المحاصيل حساسية وتضرراً من هذا الغاز؛ حيث قدر متوسط الانخفاض فى محصول الأصناف الحساسة من جراء التعرض لتركيز ٠,٠٤ ـ ٠,٠٦ حجماً فى الميلون من الغاز لمدة ٧ ساعات يومياً بنحو ١٠ ـ ٢٦٪. كما يُحدث التعرض للغاز نقصاً فى معدل النمو النسبى للنباتات، ومعدل النمو المطلق، وإنتاج القرون، وتكوين العقد البكتيرية، ومحتوى النباتات من النيتروجين (عن Mersie وآخرين ١٩٩٠).

أضرار ثانى أكسيد الكبريت

يكثر غاز ثانى أكسيد الكبريت SO_2 فى المناطق الصناعية؛ حيث يتصاعد مع أبخرة المصانع، ويتحد الغاز مع بخار الماء فى الجو، مكونًا حامض الكبريتيك، الذى يتساقط بعد ذلك على صورة أمطار حامضية. وعندما يلامس الحامض أوراق النباتات، فإنه يعمل على أكسدتها، محدثًا فقدًا واضحًا فى الكلوروفيل.

هذا.. وتتأثر الأنواع الحساسة للغاز بتركيز ٠٥ ,٠- ٠,٥ جزءاً فى الميلون، ويحدث الضرر خلال ٨ ساعات من التعرض لهذا التركيز. وتقل الفترة التى يحدث خلالها الضرر مع زيادة التركيز؛ فيحدث الضرر فى خلال ٣ دقائق إذا كان تركيز الغاز ١ - ٤ أجزاء فى المليون. أما الأصناف والأنواع المقاومة، فلا يحدث أى ضرر بها إلا إذا تعرضت لتركيزات أكبر، مثل جزأين فى المليون لمدة ٨ ساعات، أو ١٠ أجزاء فى المليون لمدة ٣٠ دقيقة.

وعندما يكون تركيز الغاز أقل من المستويات المذكورة، فإن النبات يكون قادراً على تحويل الغاز إلى مركبات أخرى غير ضارة به. هذا.. وتظهر أضرار الغاز فى تركيزات أقل فى حالة وجود ملوثات أخرى بالهواء الجوى؛ مثل ثانى أكسيد النيتروجين (Mudd ١٩٧٥).

يُحدث ثانى أكسيد الكبريت نوعين من الأعراض: حادة acute، ومزمنة Chronic. وتتميز الأعراض الحادة بظهور أنسجة ميتة بين العروق، أو على حواف الورقة. وقد تفقد المناطق الميتة لونها، أو تصبح عاجية، أو رصاصية، أو برتقالية، أو حمراء، أو بنية محمرة، أو بنية. ويتوقف ذلك على النوع النباتى والظروف الجوية. أما الإصابة المزمنة، فتتميز بظهور مناطق بلون بنى محمر، أو بيضاء على نصل الورقة. هذا.. ونادراً ما تظهر أعراض الإصابة على الأوراق الحديثة، بينما تكون الأوراق الكاملة النمو شديدة الحساسية.

أضرار نترات البيروكسى أسيتليل

تنتج نترات البيروكسى أسيتيل Peroxyacetyl nitrate (اختصارا: PAN) ـ مثل الأوزون ـ نتيجة لتأثير الأشعة فوق البنفسجية على أكاسيد النتروجين فى وجود الأوكسجين والمركبات الهيدروكربونية القابلة للتفاعل التى توجد فى عادم السيارات وغيره من نواتج الاحتراق غير الكامل. وهى تؤثر فى النباتات فى تركيزات منخفضة تصل إلى أجزاء فى البليون.

تؤثر نترات البيروكسى أسيتيل على السطح السفلى للأوراق التى أكملت نموها حديثاً، مسببة اكتسابها للون البرونزى أو الفضى فى المناطق الحساسة. وتصبح قمة أوراق النباتات العريضة الأوراق حساسة لـ PAN بعد ظهور الورقة بنحو خمسة أيام. ولا يزيد عدد الأوراق الحساسة على الساق عن أربع أوراق فى الوقت الواحد، نظراً لأن سمية PAN تحدث والأنسجة فى مرحلة معينة من التكوين، ولا تصبح كل أنسجة الورقة حساسة إلاّ إذا استمر تعرضها للمركب.

أضرار الكلور

تكون أعراض الإصابة بالكلور Chlorine ـ عادة ـ حادة، وتشبه أعراض الإصابة بثانى أكسيد الكبريت؛ فتظهر متحللة وبيضاء بالنموات الخضرية. ويكون التحلل على حواف الأوراق فى بعض الأنواع، ومنتشراً بنصل الورقة فى أنواع أخرى.

أضرار الأمونيا

تحدث الأضرار الحقلية بالأمونيا فى صورة تغيرات فى لون الصبغات النباتية بالأنسجة الخارجية. وقد تصبح الأوراق الخارجية الجافة فى البصل الأحمر مخضرة أو سوداء، وفى البصل الأصفر والبنى بلون بنى داكن.

أضرار حامض الأيدروكلوريك

تظهر الأضرار الحادة لغاز حامض الأيدروكلوريك (HCl) فى شكل فقدان اللون بالأنسجة، كما يظهر احتراق بحواف أوراق الخس، والهندباء، والشيكوريا، ويتمد ـ تدريجيا ـ

داخل الورقة التى سرعان ما تجف، بينما يظهر لون برونزى بين العروق فى ورقة الطماطم.

ولمزيد من التفاصيل الخاصة بالمركبات التى تلوث الهواء الجوى وأضرارها على النباتات بوجه عام يراجع Heggestad & Heck (١٩٧١)، و Mudd & Kozlowski (١٩٧٥)، و Ormrod وآخرون (١٩٧٦).

دور الانتخاب الطبيعى فى تحمل النباتات لملوثات الهواء

نظراً لأن جميع ملوثات الهواء التى تعانى منها النباتات ـ حاليا ـ تعد حديثة نسبيا، ولم يسبق للنباتات أن تعرضت لها من قبل؛ لذا .. لم يكن للانتخاب الطبيعى أى دور فى الإبقاء على أية طفرات ربما تكون قد ظهرت من قبل وتميزت بتحملها لأى من هذه الملوثات. ويعنى ذلك أن مثل هذه الطفرات ـ إن كانت قد ظهرت فيما مضى ـ لم يكن من الممكن انتخابها طبيعيا لغياب العامل الانتخابى. والأغلب أن معظم هذه الطفرات قد تعرضت للاندثار، إلا أن بعضها ربما استمر تواجده قَدَرَاً. وربما استفادت برامج التربية الحديثة ـ التى أجريت فى المناطق التى يزداد فيها تركيز ملوثات الهواء ـ دون وعى ـ من تلك الاختلافات الوارثية؛ فكانت الأصناف التى أفرزتها تلك البرامج ـ التى لم تهدف إلى تحمل ملوثات الهواء ـ أكثر تحملاً لتلك الملوثات من الأصناف التى أنتجت من قبل (قبل زيادة التلوث الجوى)، أو التى أنتجت فى مناطق أخرى ينخفض فيها التلوث.

طرق التقييم لتحمل الأوزون

تتبع الطرق التالية فى تقييم النباتات لتحمل الأوزون:

١ ـ التقييم الحقلى:

أنتجت ـ دون قصد ـ عديد من الأصناف المحسنة التى تتحمل الأوزون من مختلف المحاصيل الزراعية، لمجرد أن برامج التربية التى أفرزت تلك الأصناف أجريت فى مناطق يرتفع فيها تركيز الغاز، كما حدث فى مركز بحوث وزارة الزراعة الأمريكية فى بلتسفيل بولاية ميرلاند. ومن أمثلة تلك الأصناف: صنف البرسيم الحجازى Team، وأصناف

البطاطسKennebec ، و Pungo، و Katahdin، التى لم يتأثر محصولها عند زراعتها فى حجرات نمو ذات هواء مرشح خالٍ من الأوزون، بينما ازداد محصول أصناف أخرى من البطاطس حساسة للغاز (مثل Norchip، و Haig، و La Chipper,) تحت نفس الظروف، وهى أصناف نتجت من برامج تربية أجريت فى مناطق ينخفض فيها تركيز الغاز.

كذلك كان صنف الفاصوليا الجافة California Small White 59 ـ الذى أنتج فى كاليفورنيا ـ أكثر تحملاً للأوزون عن أصناف أخرى تزرع عادة فى ولاية متشيجان. كما كانت أصناف القطن التى أنتجت فى وادى سان واكيم فى كاليفورنيا ـ مثل الصنف Acala SJ - 1 ـ أكثر تحملاً للأوزون من أصناف نشأت فى ولايات أو فى مناطق أخرى لا تعانى التلوث بالأوزون (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

يتبين مما تقدم أن الاختبارات الحقلية فى المناطق التى يزيد فيها تركيز الأوزون تعد وسيلة فعالة لانتخاب النباتات التى تتحمل الغاز.

٢ ـ اختبارات حجرات النمو :

أجريت عديد من اختبارات التقييم لتحمل الغاز فى ظروف حجرات النمو التى يتم التحكم فيها؛ حيث يتم تعريض النباتات لتركيزات عالية من الغاز لعدة ساعات، ثم يقدر الضرر الحادث للنموات الخضرية. ويكون دليل الضرر ـ عادة ـ هو نسبة الجزء المصاب من كل ورقة.

ويتعين فى هذه الاختبارات أن تكون الظروف البيئية وتركيز الغاز مقاربة لما تكون عليه الحال فى الظروف الطبيعية. كما يجب تحديد فترة مناسبة للتعريض للغاز، ويتعين أخذ كافة العوامل الأخرى المؤثرة على حساسية النباتات فى الحسبان؛ مثل: عمر النبات، ودرجة النضج، والوقت من اليوم (لعلاقة ذلك بانفتاح الثغور وانغلاقها)، وحالة التغذية بالعناصر التى يحتاج إليها النبات، كما يلي:

أ ـ عمر النبات:

تتأثر حساسية النباتات للأوزون بمرحلة النمو النباتي ومعدله. فمثلا.. تكون الفاصوليا الجافة أكثر حساسية للغاز بعد وصول النباتات إلى مرحلة الإزهار التام. ففي تلك الأثناء.. يتوقف تكوين أوراق جديدة، ويعاد توزيع المواد الكربوهيدراتية ـ من النموات الخضرية ـ إلى الأعضاء التكاثرية. وقد وجد أن الفاصوليا تكون أكثر حساسية لكل من الأوزون وأكسيد الكبريت ابتداء من مرحلة الإزهار التام إلى مرحلة اكتمال الإثمار؛ أما قبل ذلك.. فقد أبدت النباتات درجات مختلفة من القدرة على تحمل الغازين.

وفي دراسة على ستة أصناف من الطماطم اختلفت حساسيتها للأوزون وهي بعمر ٢، و٤، و٦ أسابيع، ولكن الترتيب النسبي للأصناف ـ من حيث استجابتها للغاز ـ ظل ثابتاً.

ب ـ عمر الورقة:

وجد في القطن ـ على سبيل المثال ـ أن حساسية الأوراق للأوزون تكون أعلى ما يمكن عندما تصل إلى نحو ٧٥٪ من نموها الطبيعي، ثم تقل حساسيتها للغاز تدريجيا بعد ذلك.

جـ ـ الوقت من اليوم:

كانت أوراق التبغ حساسة للأوزون بعد ٤ ساعات من التعرض للضوء، ثم انخفضت حساسيتها للغاز ـ تدريجيا ـ بعد ٦ ساعات من التعرض للضوء (عن Reinert وآخرين ١٩٧٩).

جهود التربية لتحمل ملوثات الهواء

حظيت بعض النباتات المزروعة، وخاصة التبغ وبعض محاصيل الخضر ـ بكثير من الاهتمام لأجل إنتاج أصناف أكثر تحملا لمختلف ملوثات الهواء، وخاصة الأوزون الذي يعد من أهم تلك الملوثات. ونستعرض ـ فيما يلي ـ الجهود التي بذلك في تربية بعض هذه المحاصيل:

١ ـ الطماطم :

قيم Gentile وآخرون (١٩٧١) عدداً من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة، ووجدوا أن النوع L. pimpinellifolium أكثرها حساسية، والنوع L. esculentum أقلها حساسية للأوزون. وكانت أكثر سلالات وأصناف الطماطم تحملاً لهذا الغاز هى P.I.203229، و P.I.247089، و P.I.304234 ، و P.I.309915 ، و VFN8.

كذلك اختبر Reinert وآخرون (١٩٧٢) مقاومة ١٢ صنفاً من الطماطم للأوزون بتعريضها لتركيز ٤٠ (pphm) لمدة ساعة ونصف فى الصباح، ووجدوا أنه حينما تعرضت النباتات للغاز فى المساء كان الضرر أكبر منه فى الصباح، وكانت أكثر الأصناف حساسية Roma VF و Red Cherry، وأقلها حساسية (أى أقلها تضرراً من الغاز) هى VF 145B، و Heinz 1439. كذلك اختبرت ١٢٠٠ سلالة من الطماطم ومجموعة من الأصناف التجارية، وتبين أن أكثرها تحملاً للغاز هى ، P.I.109835 ، و P.I.247136 ، و P.I.285663 ، و P.I.303792 ، و New Yorker، و Heniz 1439.

٢ ـ الخيار:

تتوفر اختلافات وراثية بين أصناف وسلالات الخيار فى قدرتها على تحمل التركيزات العالية ـ نسبياً ـ من ثانى أكسيد الكبريت فى الهواء الجوى. وقد توصل Bressan وآخرون (١٩٨١) ـ من التلقيح بين الصنف المقاوم National Picking والصنف الحساس Chipper ـ إلى أن القدرة على تحمل التلوث بغاز ثانى أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد.

٣ ـ الفاصوليا :

تتوفر اختلافات وراثية كبيرة بين أصناف وسلالات الفاصوليا فى تحملها لغاز الأوزون. فعلى سبيل المثال.. قيم عديد من أصناف وسلالات الفاصوليا لمقاومة الأوزون ـ تحت الظروف الحقلية لمدينتى Beltsville، و Salisbury بولاية ميرلاند الأمريكية؛ حيث يزداد فيهما تركيز الغاز بدرجة كبيرة ـ ووجد أن أصنافاً كثيرة منها كانت مقاومة للغاز، لدرجة أنه اقترح عدم جدوى التربية لمقاومة الأوزون فى الفاصوليا. ومع ذلك.. فقد نصح باختبار ـ

سلالات الفاصوليا الجديدة فى تلك المنطقتين قبل إكثارها للإنتاج التجارى (عن Lewis & Christiansen ١٩٨١).

وفى دراسة أخرى.. قيم Mersie وآخرون (١٩٩٠) ٤١٠ أصناف وسلالة من الفاصوليا تحت ظروف حجرات النمو؛ حيث عرضوا بادرات الفاصوليا الصغيرة لتركيز ٦,. حجما فى المليون لمدة ساعتين، وقاموا بقياس الضرر الذى حدث للأوراق. ووجد الباحثون أن ١٧ صنفاً وسلالة منها كانت غير حساسه للغاز، و٣٧٠ كانت حساسة، و ٢٣ عالية الحساسية.

وفى دراسة قدر فيها ارتداد المحصول مقابل تركيز غاز الأوزون.. وجد Heck وآخرون أن BBL - 290، و BBL - 254 كانا أكثر حساسية من BBL - 274، و Dwarf Horticultural. وأكدت النتائج أن جيرمبلام الفاصوليا يحتوى على صفة المقاومة للتركيزات الحالية من الأوزون، ولكن المقاومة تفقد مع زيادة تركيز الغاز.

وتوضح دراسة وراثية شملت صنفين حساسين للغاز (هما: Spurt، وBlue Lake Stringless) وصنفين متحملين (هما: Black Turtle Soup، و French's Horticultural) أن الحساسية للغاز صفة سائدة ويتحكم فيها أكثر من جين. كما تبين أن الأصناف التى تتحمل الغاز يقل فيها عدد الثغور - فى وحدة المساحة من الورقة - بمقدار ٢٥٪ عما فى الأصناف الحساسة، كما تغلق ثغورها عقب تعرضها للغاز، بينما تظل ثغور الأصناف الحساسة مفتوحة (عن Reinert ١٩٧٩).

كذلك تتوفر فى الفاصوليا صفة تحمل تلوث الهواء بغاز ثانى أكسيد الكبريت، وهى صفة متنحية (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

٤ - البصل :

وجد أن مقاومة الأوزون فى البصل يتحكم فيها جين واحد سائد، يجعل الخلايا الحارسة حساسة للغاز؛ مما يؤدى إلى إغلاق الثغور - تلقائياً - لدى تعرضها له، فلا تُضار النباتات من جراء ذلك (عن Heggestad & Heck ١٩٧١).

كما وجد أن مقاومة غاز ثانى أكسيد الكبريت يتحكم فيها جين واحد سائد كذلك (عن Bressan وآخرين ١٩٨١).

٥ ـ الذرة السكرية :

وجدت اختلافات بين سلالات الذرة السكرية فى تحملها للأوزون، وتبين أن هذه الصفة ثابتة، وسائدة جزئيا تحت ظروف الحقل.

٦ ـ توضح الدراسات الوراثية ـ التى أجريت على التبغ ـ أن تحمل الأوزون صفة كمية يتحكم فيها جينات ذات تأثير إضافى أساساً.

٧ ـ كانت صفة تحمل الأوزون فى البيتونيا كمية وسائدة جزئيا (عن Reinert ١٩٧٩).

ثانيا : تحمل ملوثات التربة

تتلوث التربة فى مختلف بقاع العالم بمركبات عديدة يصعب حصرها. ويهتم مربى النبات بأمر هذه الملوثات من ناحيتين: أولاهما تربية أصناف يمكنها تحمل التركيزات المرتفعة نسبيا من ملوثات التربة، وأخراهما إنتاج نباتات أقل كفاءة فى امتصاص تلك الملوثات من التربة، أو أكثر قدرة على تحويلها ـ بعد امتصاصها ـ إلى مركبات أخرى أقل ضرراً؛ وبذا.. يقلل ضررها على الإنسان أو الحيوانات الزراعية التى تستهلك تلك النباتات.

ولكن نظراً لحداثة موضوع ملوثات التربة.. فإن اهتمامات مربى النبات تجاهه كانت ـ وما زالت ـ محدودة. ويستثنى من ذلك مجال تربية النباتات لتحمل مبيدات الحشائش، الذى نفرد له الفصل الثانى عشر من هذا الكتاب. ويمكن تلخيص أهم الإنجازات فى مجال التربية لتحمل ملوثات التربة الأخرى فى النقاط التالية:

١ ـ وجد أن عشائر نباتات نجيل المرجية bent grass (Agrostis tenuis) النامية بالقرب من مختلف المناجم كانت أكثر تحملاً للتركيزات العالية من عناصر النحاس، والنيكل، والزنك، والرصاص التى تلوث التربة بتركيزات عالية فى البقاع المحيطة بالمناجم. وقد كان تحمل كل

عشيرة منها مقصوراً على العنصر المعين الذى يلوث البيئة بالقرب من المنطقة المحيطة بالمنجم الذى جمعت منها نباتات العشيرة. ويستثنى من ذلك العشائر المتحمله لعنصر النيكل والزنك؛ حيث تميزت العشائر القادرة على تحمل التركيزات العالية من أحد العنصرين بتحملها للعنصر الآخر كذلك. وكان ذلك راجعا إلى تواجد تركيزات عالية من كلا العنصرين فى مناطق المناجم التى جمعت منها (عن Devine ١٩٨٢).

٢ ـ يؤدى تلوث التربة بالنحاس (بفعل نشاط المناجم، أو التلوث بمياه الصرف الصحى، أو الإفراط فى استعمال المبيدات الفطرية المحتوية على النحاس) إلى ظهور أعراض التسمم بهذا العنصر على النباتات، وهى: ضعف النمو الخضرى والجذرى، والاصفرار العام. وفى الكرنب.. تظهر نقط سوداء black specks على الأوراق.

وبتقييم ٨٤ صنفاً من الكرنب لتحمل التركيزات العالية من النحاس فى المزارع المائية (١,٥ ـ ٢,٠ مجم لتر، مقارنة بتركيز ٠,٠٢ مجم/ لتر لمعاملة الشاهد).. وجد أن الصنف Wisconsin All Seasons كان محتملاً للتركيزات العالية من العنصر مقارنة بالصنف الحساس Globe King، الذى تبين أن نمواته الخضرية تحتوى على تركيزات أعلى من عنصر النحاس (Rousos & Harrison ١٩٨٧).

٣ ـ استخدمت مزارع الأنسجة فى انتخاب سلالات خلايا قادرة على تحمل تركيزات عالية من بعض العناصر (بعد معاملة المزارع بالعوامل المطفرة)، ومن أمثلة ذلك ما يلى :

أ ـ انتخبت سلالات خلايا بتيونيا Petunia hybrida مقاومة للتركيزات العالية من الزئبق، لكن لم يمكن تمييز نباتات منها، كما لم تختلف السلالات المقاومة عن غير المقاومة فى امتصاصها للزئبق من البيئة المغذية.

ب ـ انتخبت سلالات خلايا تبغ قادرة على تحمل تركيزات عالية من عنصرى الزئبق والنحاس، ولكن النباتات التى تميزت منها لم تتحمل نفس تركيزات العناصر التى تحملتها سلالات الخلايا.

جـ - انتخبت سلالات خلايا أرز قادرة على تحمل تركيزات عالية من النحاس، لكن لم تميز منها نباتات كاملة.

د - انتخبت سلالات خلايا من Agrostis stolonifera قادرة على تحمل تركيزات عالية من الزنك والنحاس، وتميزت نباتات منها لها نفس القدرة على التحمل. كان نمو سلالات الخلايا بطيئاً فى غياب العنصر الذى يتحمل زيادة تركيزة، وكان امتصاص أى من العنصرين عاليا فى كل من سلالات الخلايا التى تتحمله والنباتات التى تميزت منها (عن Stavarek & Rains ١٩٨٤).

٤ - درس تراكم العنصر المشع استرونيوم Strontium (الذى يتساقط على سطح الأرض - مع ماء المطر - بعد حالات التلوث النووى، وتمتصه النباتات ، ليصل بعد ذلك إلى الإنسان - أو إلى الحيوانات الزراعية، ثم إلى الإنسان المستهلك لها - حيث يثبت فى العظام مثل الكالسيوم).. وقد درس تراكم هذا العنصر فى الشعير والقمح وبعض الأنواع الأخرى، ووجدت اختلافات وراثية بين الأصناف فى مدى تراكم العنصر المشع فيها. وقد أوضحت دراسات التطعيم التى أجريت على فول الصويا أن النموات الخضرية هى التى تتحكم فى خفض تراكم عنصر الاسترونيوم فى النباتات (عن Epstein ١٩٧٢).





التربية لتحمل مبيدات الحشائش

سبقت الإشارة إلى أنه - من بين مختلف ملوثات التربة - فإن مبيدات الحشائش نالت قسطاً وافراً من اهتمام مربى النبات، وخاصة مربى الخضر، ويرجع ذلك إلى الأسباب التالية :

١ - ليس من الحكمة إنتاج مبيدات حشائش تناسب أياً من المحاصيل الزاعية التى لا تزرع على نطاق واسع، مثل معظم محاصيل الخضر؛ لأن إنتاج أى مبيد جديد أصبح باهظ التكاليف إلى درجة تتطلب استعماله على نطاق واسع جداً؛ ليتسنى تسويقه بسعر مناسب، واسترداد رأس المال المستثمر خلال فترة زمنية معقولة.

٢ - وحتى فى حالة المحاصيل الحقلية التى تزرع على نطاق واسع.. فإن إنتاج أصناف جديدة منها تتحمل مبيدات الحشائش المتوفرة أفضل من محاولة إنتاج مبيدات جديدة؛ لأن تكاليف استنباط الصنف الجديد لا تزيد - فى أغلب الأحيان - على ١ - ٥٪ من تكاليف إنتاج المبيد الجديد، التى تشمل الاختبارات الحقلية، ودراسات السمية، وتلوث البيئة، وتكاليف إقامة مصنع الإنتاج.

٣ - تقوم شركات إنتاج المبيدات - وجميعها مؤسسات ضخمة - بتمويل بحوث استنباط الأصناف المحصولية التى تتحمل مبيدات الحشائش - التى تنتجها تلك الشركات، والتى تكون فعالة ضد مدى واسع من الأعشاب الضارة - بهدف زيادة مبيعاتها من هذه المبيدات.

٤ ـ قلة عدد مبيدات الحشائش الجيدة المسجلة للاستعمال مع مختلف المحاصيل الزراعية، وتناقص الأعداد الجديدة ـ المنتجة منها ـ سنويا.

الأمور التى يجب أخذها فى الحسبان عند التربية لتحمل مبيدات الحشائش

يتعين ـ قبل بدء أى برنامج تربية لتحمل مبيد معين من الحشائش فى محصول ما ـ أخذ الأمور التالية فى الحسبان:

١ ـ اختيار المبيد الذى يتميز بخاصية قتل عالية لأكبر عدد من الحشائش الهامة للمحصول، بجرعات اقتصادية.

٢ ـ ملاحظة أن الجرعة المناسبة من المبيد للاستعمال مع الصنف المزمع استنباطه قد تختلف عن الجرعات الموصى بها من المبيد فى حالات أخرى، والحرص على مراعاة الجانب الاقتصادى فى ذلك. هذا.. إلا أن الجرعة المناسبة للاستعمال مع الصنف الجديد لا تتحدد ـ عمليا ـ إلا بعد إنتاج ذلك الصنف.

٣ ـ مراعاة مدى تحمل المحصول ـ وراثيا ـ للمبيد قبل الشروع فى التربية لزيادة قدرته على التحمل؛ فعندما يكون المحصول أكثر تحملاً للمبيد عن غالبية أنواع الأعشاب الضارة التى تنمو معه.. فإن مدى التحسّن المطلوب ـ حينئذ ـ لجعل المبيد مناسباً للاستعمال مع المحصول ـ يكون أقل مما لو كان المحصول شديد الحساسية للمبيد ـ بطبيعته ـ بدرجة أكبر من الحشائش التى تنمو معه، وقد يتطلب التوصل إلى تلك الحقيقة إجراء بعض التقييم الأولى.

٤ ـ إجراء تقييم أولى بين أصناف وسلالات المحصول الواحد فى اختيار الآباء المناسبة لبدء برنامج التربية.

٥ ـ تجنب اختيار المبيدات التى تكون شديدة الضرر على الإنسان أو البيئة، والمبيدات التى لا تلقى إقبالاً كبيراً على استعمالها لأى سبب كان؛ لأن مثل هذه المبيدات تكون أكثر

عرضة للاندثار؛ لظهور غيرها أفضل منها، أو بسبب تشريعات حماية البيئة التى قد تمنع استخدامها أو تحد منه. وتزداد أهمية هذا العامل فى ضوء البطء الطبيعى لبرامج التربية التى قد تستغرق عشر سنوات قبل ظهور الصنف الجديد.

٦ ـ من المعروف أن القدرة التنافسية، والقدرة على البقاء، والقدرة على التأقلم مع الظروف المحيطة تكون أقل فى سلالات الفطريات المقاومة للمبيدات الفطرية، وفى سلالات الحشرات المقاومة للمبيدات الحشرية، وسلالات مسببات الأمراض والآفات القادرة على كسر مقاومة النباتات لها، (ظاهرة الانتخاب المثبت Stabilizing Selection ؛ يراجع لذلك حسن ١٩٩٣)، وذلك مقارنة بالسلالات العادية من تلك الكائنات. ولذا.. فمن الممكن أن تكون سلالات النباتات التى تتحمل مبيدات الحشائش أقل قدرة على التكيف والمواءمة مع ظروف الإنتاج العادية؛ بأن يكون للجين أو الجينات المسئولة عن تحمل المبيد تأثيرات أخرى سلبية على المحصول أو صفات الجودة.

ويعزز هذا الاعتقاد رداءة الصفات المحصولية للأقماح الشتوية التى وجدت بها صفة تحمل الأترازين، وكذلك الصفات العادية (غير المتميزة) لأصناف الزوان المعمر الأولى التى وجدت مقاومة للباراكوات.

ولكن يجب ألا يتوقع أن تكون أولى الأصناف المنتخبة لتحمل مبيدات الحشائش من محصول ما مماثلة فى جودتها للأصناف الأخرى المتميزة من نفس المحصول التى تنتشر فى الزراعة (عن Machado ١٩٨٢).

طرق التقييم لتحمل مبيدات الحشائش

نالت دراسات طبيعة فعل مبيدات الحشائش وكيفية تحمل النباتات لها قسطاً وافراً من اهتمام المشتغلين فى هذا المجال، ولكن ـ ومن وجهه نظر المربى الخاصة ـ فإن هذه الأمور لا تفيده كثيراً فى عمليات التقييم لانتخاب النباتات التى تتحمل فعل المبيدات. فبفرض أن صفة التحمل تظهر جيداً تحت ظروف الحقل، ولا تؤثر سلبيا على المحصول كما ونوعا..

فإنه لا يهم المربى كون صفة تحمل المبيد ترجع إلى عدم امتصاص النبات له، أم إلى ضعف انتقاله فى النبات، أم إلى عدم حساسية النبات له، أم إلى سرعة تحلل المبيد أو تغيره - كيميائيا - داخل النبات... إلخ. ويستثنى من ذلك دراسات الهندسة الوارثية ومزارع الأنسجة التى تكون على المستوى الخلوى.

كذلك لا يفيد المربى ربط صفة التحمل بصفات تشريحية أو مورفولوجية؛ لأن تأثيرا المبيد على النبات يكون واضحاً جداً للعين، وأسهل بكثير من قياس صفات مثل الشمع السطحى وكثافة الشعيرات... إلخ.

ومن أهم طرق التقييم لتحمل مبيدات الحشائش ما يلى:

١ - التقييم الحقلى:

يتم التقييم الحقلى بزراعة أعداد كبيرة من النباتات، ثم رشها - تحت ظروف الحقل - بالمبيد الذى يؤدى إلى قتل جميع النباتات الحساسة؛ حيث تنتخب النباتات المتبقية. تتميز هذه الطريقة بسهولتها، ولكن يعيبها ما يلى:

أ - عدم تجانس توزيع المبيد بسبب تيارات الهواء، أو لأسباب فنية تتعلق ببشابير (بزابيز) الرش.

ب - عدم تجانس تربة الحقل؛ وما يترتب على ذلك من اختلافات فى قوة نمو النباتات، وتأثير ذلك فى قدرة النباتات على تحمل المبيد.

جـ - تأثير العوامل البيئة فى فاعليه التركيز المستخدم من المبيد، والحاجة إلى تعديله تبعا للظروف البيئية السائدة.

د - احتمال تأخر إنبات بعض البذور؛ الأمر الذى يؤدى إلى زيادة فرصة الإفلات من أضرار المبيد.

هـ - احتمال عدم وصول المبيد إلى النبات؛ بسبب حمايته بغطاء من النباتات أو الحشائش المجاورة له.

٢ ـ التقييم فى البيوت المحمية:

يجرى التقييم لتحمل مبيدات الحشائش ـ فى البيوت المحمية (الصوبات) ـ فى طور البادرة؛ حيث يمكن اختبار عدد كبير من النباتات فى مساحة صغيرة نسبيا. وتوفر الصوبات الجو المناسب الذى يمكن التحكم فيه أيًا كان موسم النمو.

تسمح هذه الطريقة، بالتمييز بين النباتات أو السلالات التى تُظهر مستويات مختلفة من تحمل المبيد. وقد يكون من المرغوب فيه الابقاء على أفضل ١٪ من النباتات، لكن يكون من الصعب المعاملة بالتركيز الذى يقضى على ٩٩٪ من النباتات. ولذا.. يفضل تعديل الهدف إلى التخلص من ٩٥٪ من النباتات. وبذا.. تكون أمامنا فرصة لانتخاب أفضل النباتات من بين المتبقية من المعاملة.

ويرغم أن استجابة النباتات لفعل المبيد ـ وهى فى طور البادرة ـ قد تختلف عن استجابتها له فى أطوار النمو الأكثر تقدماً، إلا أن هذا لا يهم إلاّ فى الحالات القليلة التى تتم فيها المعاملة بالمبيد فى مرحلة متقدمة من النمو النباتى.

وإذا أجريت المعاملة بالمبيد فى مرحلة أكثر تقدماً من النمو النباتى.. فإنه يجب عدم الاعتماد على انتخاب كل النباتات التى لا يقضى عليها حينئذ، ولا يجب قياس أطوال النباتات أو وزنها الجاف.. فتلك أمور يمكن أن تتأثر كثيراً بعوامل أخرى.. ويتعين ـ بدلاً من ذلك ـ إجراء فحص عينى للنباتات التى تحملت المبيد لاستبعاد جميع النباتات التى كانت أكثر تضرراً منه (عن Faulkner ١٩٨٢).

٣ ـ التقييم فى مزارع الأنسجة:

يكون الهدف من التقييم فى مزارع الأنسجة ـ بطبيعة الحال ـ هو انتخاب خلايا مطفرة ـ قادرة على تحمل تركيز معين من المبيد ـ وإكثارها لتصبح سلالة خلية Cell clone، ثم توفير الظروف اللازمة لتميز نباتات كاملة منها.

ويتعين قبل البدء فى اختبار كهذا الإلمام بطبيعة فعل المبيد. ويهم أيضاً التحكم التام فى مرحلة نمو مزرعة الخلايا. فمثلا.. تكون مزارع خلايا الطماطم المحتوية على الكلوروفيل شديدة التأثر بتركيزات من الدايرون diuron والسيمازين simazine أقل بكثير من التركيزات المؤثرة فى مزارع الخلايا غير المحتوية على الكلوروفيل؛ علما بأن كلا من المبيدين مثبط لعملية البناء الضوئى. وعلى العكس من ذلك.. فإن مزارع خلايا الطماطم البيضاء تتأثر بتركيزات من مبيد نابروباميد napropamide أقل من تلك التى تؤثر فى مزارع الخلايا الخضراء.

ومن بين عديد من الحالات التى انتخبت فيها سلالات خلايا تتحمل مبيدات الحشائش.. نسوق الأمثلة التالية التى أمكن فيها إنتاج نباتات كاملة ـ تتحمل المبيد ـ من مزارع الخلايا:

أ ـ أمكن عزل خمس سلالات من التبغ قادرة على تحمل مبيد الحشائش بكلورام picloram بالانتخاب الإجمالى من مزارع معلقات الخلايا. وتم ذلك بمعاملة خلايا التبغ فى معلق من المحلول المغذى لتركيز سام من المبيد، ثم غسيل الخلايا ببيئة خالية من المبيد، ثم زراعتها على بيئة آجار. ترتب على ذلك بقاء خلية واحدة (كونت كالوس) من كل حوالى ١٠٠٠٠٠ خلية. وبعد ذلك استحثت خلايا الكالوس لتكوين نباتات كاملة؛ تبين بالتحليل الوارثى أنها تحتوى على جين واحد سائد يتحكم فى صفة تحمل المبيد بكلورام.

كذلك أمكن الحصول على نباتات قرن الغزال bird's - foot trefoil (Lotus corniculatus) قادرة على تحمل المبيد من سلالات خلايا تم انتخابها من مزارع كالوس، وأظهر التحليل الوارثى أن هذه الصفة ليست بسيطة.

وحُصِل أيضا على عدة نباتات تبغ ونباتات من الهجين النوعى بين الطماطم والنوع البرى Lycopersicon peruvianum - مقاومة لمبيد الحشائش باراكوات Paraquat - من سلالات خلايا منتخبة من مزارع كالوس نامية فى الظلام. وأوضح التحليل الوارثى أن الصفة كانت

سائدة فى كلتا الحالتين، لكن لم يُحدد عدد العوامل الوارثية المتحكمة فيها (عن Duncan & Widholm ١٩٨٦).

ب - تم تعريض نباتات تبغ أحادية لعوامل مطفرة، ثم رشت بعضها بالمبيد bentazon وبعضها الآخر بالمبيد Phenmedipham. أدى الرش إلى إحداث اصفرار عام فى الأوراق إلا فى مناطق صغيرة ظلت محتفظة بلونها الأخضر. وكانت كل واحدة من هذه «الجزر الخضراء green islands » هى محصلة نمو خلية مطفرة (تحمل صفة تحمل المبيد) فى «بحر» من الخلايا الحساسة للمبيد. وقد نقلت خلايا من هذه الجزر الخضراء بعد ذلك إلى مزرعة خلايا؛ لتعزل منها نباتات كاملة قادرة على تحمل المبيد (أحد المبيدين). وتبين أن تحمل أى من المبيدين صفة بسيطة متنحية. وتعرف هذه الطريقة باسم Green Island Tech-nique.

جـ - استخدمت تقنية دمج البرتوبلازم لنقل صفة تحمل الترايازين - التى تورث سيتوبلازميا، وتتوفر فى عديد من أنواع الحشائش - إلى الأنواع المحصولية القريبة منها. ويبين جدول (١٢ - ١) مصادر تحمل الترايازين فى مختلف الحشائش والأنواع المحصولية التى يمكن نقل تلك الصفة إليها.

ولا يتطلب الأمر - فى جميع الحالات المبينة فى جدول (١٢ - ١) - أكثر من نقل البلاستيدات الخضراء من نوع الحشائش المتحمل للمبيد إلى النوع المحصولى القريب منه؛ لأن صفة مبيد الترايازين تحمل فى البلاستيدات الخضراء. ويفيد تعريض خلايا الحشيشة المقاومة - لأشعة X أو جاما - فى منع أنويتها من الانقسام، بينما تبقى بلاستيداتها سليمة.

ومن بين المحاصيل التى نجحت فيها هذه الطريقة التبغ والصليبيات (عن Gressel وآخرين ١٩٨٢).

وراثة صفة تحمل مبيدات الحشائش

كانت بداية دراسات تحمل النباتات، أو حساسيتها للمبيدات عندما اكتشف وجود اختلافات بين أصناف الشعير فى حساسيتها لمبيد الـ «دى دى تى DDT »، والتى تبين

جدول (١٢ - ١) : أنواع الحشائش القادرة على تحمل الترايازين والأنواع المحصولية التي يمكن نقل تلك الصفة إليها.

العائلة	نوع الحشائش	الأنواع المحصولية الهامة القريبة منها
Amranthaceae	٤ أنواع من الجنس Amaranthus	لا يوجد
Caryophyllaceaae	Stellaria media	لا يوجد
Chenopodiaceae	Atriplex patulla	بنجر السكر وبنجر المائدة
	٤ أنواع من الجنس Chenopodium	
	Kochia scoparia	
Compositae	Ambrosia artemisiifolia	دوار الشمس - القرطم - الطرطوفة
	Bidens tripartita	
	Erigeron canadensis	
Crucifereae	Senecio vulgaris	
	Brassica campestris	لفت الزيت - اللفت - الكرنبيات
Graminae	Bromus tectorum	الحبوب الصغيرة - الأعلاف النجيلية - بنجر السكر
	Poa annua	
Polygonaceae	نوعان من الجنس Polygonum	الحنطة السوداء
Solanaceae	Solanum nigrum	البطاطس - الطماطم - الباذنجان - التبغ

منها أن صفة تحمل المبيد بسيطة وسائدة. وأعقب ذلك اكتشاف اختلافات أخرى بين أصناف الشعير في تحملها للباربان Barban؛ حيث كانت صفة التحمل بسيطة أيضا ولكنها تورث مستقلة عن الصفة الأولى.

وقد اكتشفت بعد ذلك صفة تحمل مبيدات الحشائش في عديد من الأنواع النباتية، نذكر منها ما يلي :

١ ـ كانت صفة تحمل صنفى سورجم الحبوب: Martin، و Red Kafir (مقابل صفة الحساسية فى الصنفين Caprock، و Pink Kafir) لمبيد الحشائش بروبازين Propazine سائدة، ويتحكم فيها أكثر من جين واحد.

٢ ـ كانت المقاومة للمبيد D - 4 ,2 فى السورجم بسيطة وسائدة.

٣ ـ كانت الحساسية الشديدة للأترازين ـ التى وجدت فى إحدى سلالات الذرة ـ بسيطة ومتنحية، وتبين أن الجين الذى يتحكم فى الصفة يقع على الذراع الطويلة للكروموسوم رقم ٨.

٤ ـ تبين أن صفة تحمل مبيد الحشائش diclofop - methyl فى الذرة كمية، وقدرت درجة توريثها ـ على النطاق العريض ـ بنحو ٩٥٪.

٥ ـ كانت صفة تحمل الأترازين فى الكتان كمية، وقدرت درجة توريثها بنحو ٣٠٪، كذلك كانت درجة توريث صفة تحمل مبيد الحشائش MCPA فى الكتان منخفضة.

٦ ـ كانت صفة تحمل المترابوزين فى فول الصويا بسيطة وسائدة (عن Machado ١٩٨٢).

طبيعة صفة تحمل مبيدات الحشائش

تتحقق صفة التحمل الوراثى لمبيدات الحشائش من خلال عدة مسارات؛ منها ما يلى:

١ ـ كثرة إنتاج الخلايا لبروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد؛ فلا يُؤثر المبيد على كل الكمية المنتجة منها، ويبقى جزء منها يكفى لأداء وظائفه الطبيعية فى النبات، ومن أمثلتها الإنزيمات التى تتأثر بالجليفوسيت Glyphosate.

٢ ـ حدوث طفرات فى بروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد، تقلل من ارتباط المبيد بها، ومن أمثلتها حالات المقاومة للمبيدات :

٢ ـ حدوث طفرات فى بروتينات معينة من تلك التى تتأثر بالمبيد، تقلل من ارتباط المبيد بها، ومن أمثلتها حالات المقاومة للمبيدات:

asulam | glyphosate
sulfonylurea | atrazine
chlorsulfuron

٣ ـ نقل جينات قادرة على إلغاء سمية المبيد (detoxification genes) من البكتيريا إلى النبات بطرق الهندسة الوراثية، مثل حالات المقاومة لكل من:

bromoxynil | bilanafos
phenoxyactic acid

وفى هذا الصدد.. درس على نطاق واسع نظام الـ glutathione -S- transferase System فيما يتعلق بإنتاج نباتات ذرة ـ بطريق الهندسة الوراثية ـ قادرة على تحمل مبيدات الأترازين atrazine ، والميتولاكلور، metolachlor والألاكلور alachlor (عن Mullineaux ١٩٩٢).

جهود التربية لتحمل مبيدات الحشائش

بذلت جهود كبيرة لزيادة القدرة على تحمل مبيدات الحشائش فى عدد من المحاصيل الزراعية، نذكر من أمثلتها (عن Machado وآخرين ١٩٨٢، و Faulkner ١٩٨٢) ما يلى:

المحصول	مبيد الحشائش	طريقة التربية
الذرة	الأترازين Atrazine	–
الكتان	الأترازين	–
السورجم	البروبازين Propaz	–
فول الصويا	المتريبوزين Metribuzin	–

لفت الزيت Brassica napus	السيمازين Simazine	ـ
	الترايازين Triazine	الانتخاب المتكرر وكذلك نقل المقاومة من B. campestris
Agrostis tenuis	الأميترول Amitrole	الانتخاب المتكرر
A. stolonifera	الأميترول	الانتخاب المتكرر
Ferstuca ruba	الأميترول	الانتخاب المتكرر
F. arundinacea	الترايازين	الانتخاب
الزوان المعمر Ryegrass	الأميترول	الانتخاب المتكرر
	الباراكوات Paraquat	الانتخاب المتكرر
	الجلايفوسيت Glyhphosate	الانتخاب المتكرر
الطماطم	الدايفناميد Diphenamide	إحدث الطفرات
Trifolium repens	الباراكوات	الانتخاب
القمح	الباراكوات	التقييم
	الترايازين	التقييم
	الترايازين	إحداث الطفرات
الكرنب	الترايازين	الانتخاب
المسترد الأبيض White Mustard	الترايازين	الانتخاب المتكرر
قرن الغزال Bird's - foot trefoil	2, 4 - D	الانتخاب المتكرر

ونلقي ـ فيما يلي ـ مزيدا من الضوء على بعض حالات التربية لمقاومة مبيدات الحشائش:

١ ـ فول الصويا:

أمكن نقل صفة القدرة على تحمل مبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin التى يتحكم فيها جين واحد سائد ـ إلى صنفى فول الصويا Semmes ، و Tracy M.

٢ ـ الزون المعمر :

نقلت صفة القدرة على تحمل الباراكوات Paraquat من عشيرة برية من الزوان المعمر Perenial Ryegrass (Lolium perenne). وكان الباراكوات قد استعمل كثيراً إلى أن فقد فاعليته فى مكافحة حشائش جنس الـ Lolium ، وغيرها، قبل بذار النجيليات. وأمكن بالاعتماد على هذا المصدر البرى المتحمل للمبيد إنتاج صنف تجارى من الزوان على قدر كافٍ من تحمل الباراكوات، بما يسمح برش مراعيه بتركيزات منخفضة من المبيد؛ الأمر الذى يفيد فى إضعاف الأنواع النباتية الأخرى وزيادة القدرة التنافسية للزوان.

وقد أرجعت صفة تحمل الزوان إلى حدوث تضاعف فى نشاط إنزيم Superoxide dis-mutase وزيادة نشاط إنزيمى الكاتاليز والبيروكسيديز.

٣ ـ الطماطم :

قيمّ Coyne & Burnside (١٩٦٨) ٥٠٨ من أصناف وسلالات الطماطم والأنواع البرية القريبة منها؛ لمقاومة مبيد الحشائش 2, 4 - D، ووجدا ما يلى

أ ـ كانت أكثر السلالات قدرة على تحمل المبيد هى: P. I.. 129131 ، و P. I. .190858 ، وP. I. .203229 . استعادت هذه السلالات نموها ـ بشكل جيد ـ بعد فترة من تعرضها للمبيد.

ب ـ كان أكثر الأصناف قدرة على تحمل المبيد الصنف Roma، الذى لم يتأثر محصوله إلا قليلاً نتيجة للمعاملة به.

كذلك أجريت دراسات استهدفت التربية لمقاومة مبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin، الذى يستخدم فى حقول الطماطم؛ إما قبل الزراعة، وإما بعد الإنبات، ولكن المعاملة الأخيرة تُحدث ـ أحيانا ـ أضراراً كبيرة بالطماطم، خاصة فى الجو الملبد بالغيوم. وقد قيمّ Phatak & Jaworski (١٩٨٥) ٢٩٣ صنفا من الطماطم، و١٩٨٦ سلالة من سبعة أنواع من

الجنس Lycopersicon، ووجدا أن أكثرها قدرة على تحمل المبيد كانت هى سلالتى الطماطم UG 113 MT، و UGA 1160 MT اللتين تحملتا تركيزات بلغت ١٦ ضعف التركيز الموصى به (وهو ١,١٢ كجم/ هكتار) حتى فى الجو الملبد بالغيوم.

وكان Machado وآخرون (١٩٨٢) قد ذكروا أن صنفى الطماطم Vision، و Fireball يتحملان مبيد المتريبوزين، واستخدماهما فى دراسة وراثية مع الصنف الحساسHeinz 1706، استدلا منها على أن القدرة على تحمل المبيد (معبرا عنها بغياب أعراض التسمم، وطول البادرات، ووزنها الجاف) صفة بسيطة سائدة، تتأثر بجينات أخرى محورة، ذات درجة توريث عالية، قدرت على النطاق العريض بنحو ٥٨٪ إلى ٧٢٪.

٤ ـ البطاطس:

وجد De Jong (١٩٨٣) أن الحساسية لمبيد الحشائش متريبوزين Metribuzin ـ فى الطرز الثنائية ـ يتحكم فيها جين واحد متنح، أعطى الرمز me. وقد أوضح الباحث أهمية استخدام هذا الجين كجين معْلم Marker gene فى الدراسات الوارثية.

٥ ـ الفلفل :

يتوفر مدى واسع من القدرة على تحمل مبيد الحشائش بنتازون bentazon بين أصناف الفلفل. وكان قد اكتُشِفَ مستوى عالٍ من القدرة على تحمل المبيد فى الصنفBohemian Chili، الذى صُنِّف على أساس أنه يتبع النوع C. chinense ، ولكن يعتقد أنه يتبع النوع C. annuum، ثم اكتشف مستوى مماثل من القدرة على تحمل المبيد فى صنف الفلفل Santaka، وفى ثلاث سلالات؛ هى: P. I.. 127445 ، و P. I. 163187 ، و P. I.. 246123.

وقد أوضحت الدراسات الوارثية أن مقاومة الصنف الأخير يتحكم فيها جين واحد سائد أعطى الرمز Bzt؛ نسبة إلى صفة تحمل البنتازون Bentazon tolerance (Fery & Harrison ١٩٩٠)، مع وجود بعض الجينات المحورة (Wolff وآخرون ١٩٩٢).

٦ـ الخيار:

اكتشفت القدرة على تحمل مبيد الحشائش كلورامبين Chloramben فى بعض سلالات الخيار. وأوضح Miller وآخرون (١٩٧٣) أن جينات المقاومة للمبيد ـ فى سلالتين من الخيار ـ تراوحت من ١ ـ ٥ جينات؛ تبعاً لطريقة التقييم التى اتبعها، وطريقة تقدير عدد الجينات. وكان تفاعل الجينات إضافياً أساساً، مع سيادة جزئية للقدرة على تحمل المبيد، وظهر واضحا أن الجينات المسئولة عن تحمل المبيد تختلف فى السلالتين، ويدل على ذلك اختلاف درجة توريث الصفة فى السلالتين، وظهور انعزال فائق الحدود عند تهجينهما معاً. وقد تراوحت درجة التوريث على النطاق العريض من ٠,٤٩ ـ ٠,٩٣، وعلى النطاق الضيق فى ٠,٣٦ـ ٠,٨٧.

وفى دراسة تالية.. قيم Staub & Crubaugh (١٩٨٩) ٧٥٣ سلالة من الخيار للقدرة على تحمل نفس المبيد، ووجدا أن تسع سلالات منها كانت أكثر من غيرها تحملاً للمبيد.

٧ ـ الكوسة:

توصل Adenniji & Coyne (١٩٨١) ـ من دراستهما على تحمل مبيد الحشائش ترفلورالين Trifluralin ـ إلـى أن الصـفة المقاومة يتحكم فها جين واحد سائد أعطياه الرمز T، وأن فعل هذا الجين يثبط بفعل جين آخر هو I - T.

٨ـ الصليبيات:

نقلت صفة تحمل الترايازين Triazine من حشيشة تابعة للنوع Brassica campestris إلى B. napus الذى يتبعه كل من لفت الزيت والروتاباجا. وكانت صفة تحمل المبيد قد وجدت ـ فى B. campestris ـ فى حقل من الذرة سبقت معاملته كثيراً بالأترازين. تورّث هذه الصفة سيتوبلازميا، وقد تم نقلها إلى B. napus بطريق التهجين الرجعى مع الانتخاب فى وجود الترايازين (عن Gressel وآخرين ١٩٨٢).

كما وجدت اختلافات فى تحمل السيمازين بين أصناف B. napus، وتبين أنها صفة كمية يتحكم فيها جينات تحمل على الكروموسومات، ولكن أكثر السلالات تحملاً لهذا المبيد كانت أكثر حساسية من الأصناف الكندية Triton، و Triumph التى تحمل جينات سيتوبلازمية لصفة التحمل. وترجع خاصية تحمل المبيد فى الصنفين الأخيرين إلى وجود تغيرات فى أغشية البلاستيدات الخضراء التى يرتبط بها ـ طبيعيا ـ الترايازين؛ ومن ثم يؤثر فى عملية البناء الضوئى.

ولا تنتشر زراعة الأصناف التى تتحمل السيمازين ـ كثيراً ـ بسبب انخفاض محصولها؛ ربما لتسبب تغيرات أغشية البلاستيدات الخضراء فى نقص معدل البناء الضوئى.

وقد وجد McGuire & Thurling (١٩٩٢) اختلافات كبيرة فى تحمل السيمازين فى عشيرة لتلقيح مركب من B. campestris. وأمكن انتخاب سلالات ذات قدرة أكبر على تحمل السيمازين عن عشائر B. campestris التى تحمل المقاومة السيتوبلازمية للمبيد.

٩ ـ البنجر:

يستعمل مبيد بيرازون Pyrazon (وهو:- 5 - amino - 4 chloro - 2 - phenyl - 3 (2H) Pyridazione) فى حقول بنجر المائدة. تمتص النباتات هذا المبيد، ولكنه يتحد مع الجلوكوز ـ فى الجذور الحمراء ـ ليتحول إلى مركب آخر غير سام للنبات؛ هو: N- glucosyl pyrazon. وقد أوضحت دراسات Stephenson وآخرين (١٩٧١) أن هذا التحول الكيميائى لا يتم فى ثمانية أنواع نباتية حساسة للمبيد. كما تبين ـ لدى دراسة تسعة أصناف من البنجر ـ أن التحول يتم بمعدل ٤٤ ـ ٧٦٪ خلال ظرف ١٠ ساعات من معاملة أجزاء ورقية بالمبيد، وأن العلاقة كانت مباشرة بين معدل التحسن الكيميائى للمبيد وحساسية الصنف له.

١٠ ـ البصل:

وجد Hiller & Weigle (١٩٧٠) اختلافات بين سلالات البصل فى قدرتها على تحمل مبيد الحشائش isopropyl N (3-chlorophenyl) carbamate (اختصاراً:CIPC)، وكانت أكثر السلالات مقاومة هى المتحصل عليها من صنف البصل Iowa Yellow Globe.

استخدامات الهندسة الوارثية فى التربية لتحمل مبيدات الحشائش

يمكن أن تؤثر مبيدات الحشائش فى النباتات من خلال تأثيرها فى البلاستيدات الخضراء، أو الميتوكوندريات، أو أيض الأحماض النووية، أو تمثيل البروتين، أو خصائص الأغشية الخلوية... إلخ. ويتطلب إنتاج نباتات تتحمل مبيدات الحشائش - بطريق الهندسة الوارثية - الإلمام بالأساس الجزيئى لكيفية إحداث هذه المبيدات لتأثيراتها.

ونجد فى أعداد كبيرة من المبيدات الفعالة أن المبيد يؤثر على خطوة إنزيمية واحدة - من مسار حيوى معين - تلعب دوراً أساسيا فى أيض الخلية. فمثلا.. نجد كلا من مبيدى الحشائش Glean ، و Oust يؤثران فى فعل الإنزيم acetolactate synthase، أول الإنزيمات الخاصة بمسار تمثيل الأحماض الأمينية المتشعبة: isoleucine، و leucine، وvaline.

وعندما تعرف الخطوة الحيوية التى يؤثر فيها مبيد الحشائش.. فإن العمل على إنتاج نباتات مقاومة لهذا المبيد - بطرق الهندسة الوارثية - يمكن أن يتقدم بعد ذلك. ومن الحالات التى حدث فيها تقدم فى هذا المجال ما يلى:

١ - تحمل الجلايفوسيت Glyphosate

يعد الجلايفوسيت المادة الفعالة فى المبيدين Roundup، و Tumbleweed المؤثرين فى عدد كبير من النباتات. وتتميز هذه المادة الفعالة كذلك بسرعة امتصاص النباتات لها وبأنها مقبوله بيئيا، وسريعة التحلل بواسطة كائنات التربة الدقيقة. وتتخصص هذه المادة فى التأثير على إنزيم 5 - enol - pyruvylshikimate - 3 - phosphate (EPSP) Synthase، وهو إنزيم رئيسى فى الـ Shikimate pathway؛ حيث يلعب دوره فى تمثيل الأحماض الأمينية الأروماتية، ويكون نشاطه - أساسًا - فى البلاستيدات الخضراء.

وفى بداية محاولات هندسة نباتات مقاومة للجلايفوسيت.. أمكن عزل سلالة خلايا من البيتونيا Petunia hybrida قادرة على تحمل هذا المركب، وتبين أنها تحتوى على كميات كبيرة من الإنزيم EPSP؛ بحيث ظهر تأثيره وأحدث مفعوله حتى فى وجود الجلايفوسيت. وتلا ذلك

عزل الـ DNA المسئول عن تمثيل الإنزيم، ثم نقله إلى نباتات بيتونيا بطرق الهندسة الوارثية.

وفى محاولة أخرى أمكن عزل الجين المسئول عن تمثيل الإنزيم EPSP من Salmonella typhimurium المقاومة للجلايفوسيت، ثم نقله - بطرق الهندسة الوراثية - إلى نباتات التبغ، والطماطم، والحور، وكانت النباتات الناتجة قادرة على تحمل تركيزات من الجلايفوسيت بلغت ٠,٨٤ كجم/ هكتار.

٢ - تحمل الفوسفينوثريسين Phosphinothricin (اختصارا PPT):

يعد الـ PPT المادة الفعالة لمبيدى الحشائش Basta، و Herbiace، وهو يثبط إنزيم glutamine synthase (اختصاراً GS)، الذى يلعب دوراً هاماً فى تمثيل الأمونيا. وقد أمكن عزل سلالة خلايا برسيم حجازى قادرة على تحمل الـPPT، وتبين أنها تحتوى على كميات كبيرة من الإنزيم GS؛ وبذا.. تبين أن إنتاج كميات كبيرة من هذا الإنزيم فى الخلايا النباتية يفيد فى تحمل المبيد (Walden١٩٨٨).

تحمل الحشائش للمبيدات

تتوفر صفة تحمل الحشائش للمبيدات فى كل من العشائر الطبيعية، وعشائر الحشائش التى تعرضت كثيراً لمبيد معين أو مبيدات معينة. وبينما تكون صفة التحمل فى الحالة الأولى (فى العشائر الطبيعية) من الخصائص الطبيعية للنوع النباتى، فإن الصفة فى الحالة الثانية تظهر كطفرة تجد فرصتها للبقاء والتكاثر فى غياب المنافسة من بقية العشيرة فى ظروف المعاملة الدائمة بالمبيد. وتفيد دراسة صفة التحمل هذه فى تربية أصناف محصولية أكثر تحملاً للمبيد، وربما فى نقل تلك الصفة - بطرق الهندسة الوراثية - إلى الأنواع المحصولية الهامة.

ومن بين حالات تحمل الحشائش للمبيدات التى تمت دراستها.. نذكر ما يلى:

١ ـ وجد أن صفة تحمل Hordeum jubatum لمبيد siduron يتحكم فيها ثلاثة جينات سائدة.

٢ ـ وكانت صفة تحمل Avena fatua لمبيد diallate كمية.

٣ ـ اكتشفت سلالات قادرة على تحمل الترايازين من: Senecio vulgaris ، وAmaranthus spp. ، و Chenopodium ، و Ambrosia artemisiifolia ، و Brassica campestris ، و Solanum nigrum. وبخلاف تحمل النباتات المحصولية للترايازين.. فإن تحمل هذه الحشائش للمبيد كانت بسبب تغير فى الـ Hill reaction فى البلاستيدات الخضراء (عن Machado ١٩٨٢).

مصادر الكتاب

إلياس، زكى عبد، ومحفوظ عبد القادر محمد (١٩٨٥). أساسيات تربية المحاصيل الحقلية والبستانية. جامعة الموصل، وزارة التعليم العالى والبحث العلمى، الجمهورية العراقية ـ ٢٧٧ صفحة.

جاتيك، جوليوس (١٩٨٥). علم البساتين. ترجمة جميل فهيم سوريال وآخرين. الدار العربية للنشر والتوزيع ـ القاهرة ـ ٦٥٩ صفحة.

الحمادى، مصطفى (١٩٧٣). تحسين أصناف الفاكهة فى مصر. الندوة العلمية الثانية، جمعية فلاحين البساتين المصرية ـ ٤ من أبريل ١٩٧٣ـ القاهرة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨). أساسيات إنتاج الخضر وتكنولوجيا الزراعات المكشوفة والمحمية (الصوبات). الدار العربية للنشر والتوزيع ـ القاهرة ـ ٩٢٠ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٨٨). الطماطم. الدار العربية للنشر والتوزيع ـ القاهرة ـ ٣٣١ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٩٣). تربية النباتات لمقاومة الأمراض والآفات. الدار العربية للنشر والتوزيع ـ القاهرة ـ ٣٨٢ صفحة.

حسن، أحمد عبد المنعم (١٩٩٣ أ). إنتاج خضر المواسم الدافئة والحارة فى الأراضى الصحراوية. الدار العربية للنشر والتوزيع ـ القاهرة ـ ٢٨٧ صفحة.

Abdul-Baki, A. A. and A. Stoner.1978. Germination promoter and inhibitor in leachates from tomato seeds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 684 - 686.

Adeniji, A. A. and D. P. Coyne. 1981. Inheritance of resistance to trifluralin toxicity in Cucurbita moschata Poir. HortScience 16 : 774 - 775.

Ahmadi, H., R. S. Bringhurst, and V. Voth. 1990. Modes of inheritance of photoperiodism in Fragaria. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 146 - 152.

Anastasio, G., P. Pellicer, M. S. Catala, J. Costa, G. Palomores, and F. Nuez. 1988. A survey of wild Lycopersicon species for salt tolerance based on growth parameters. Tomato Genet. Coop. Rep. 38 : 5 - 7.

Anastasio, G., G. Palmores, F. Nuez, M. S. Castala, and J. Costa. 1988. Salinity responses among wild cucurbits. Cucurbit Genet. Coop. Rep. 11: 91 - 92.

Ashraf, M., T. McNeilly, and A. D. Bradshow. 1986. Heritability of NaCl tolerance at the seedling stage in seven grass species. Euphytica 35 : 935 - 940.

Austin, R. B. 1989. Prospects for improving crop production in stresful environments. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 235 - 248. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Asian Vegetable Research and Development Center. 1976. Progress Report for 1976. Shanhua, Taiwan. 55 p.

Austin, R. B. and M. S. MacLean. 1972. A method for screening Phaseolus genotypes for tolerance to low temperatures. J. Hort. Sci. 47 : 279 - 290.

Baggett, J. R. and W. A. Frazier. 1982. Oregon 11 : Early parthenocarpic tomato breeding line. HortScience 17 : 984 - 985.

Barrios, E. P. and H. I. Moskar. 1972. the inheritance of pod color and bearing habit in Capsicum frutescens L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 65 - 66.

Berry, S. Z. 1969. Germinating response of the tomato at high temperature. HortScience 4 : 218 - 219.

Bhagsari, A. S. 1990. Photosynthetic evaluation of sweetpotato germplasm. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 634 - 639.

Bhagsari, A. S. and D. A. Ashley. 1990. Relationship of photosynthesis and harvest index to sweet potato yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 288 - 293.

Bleasdale, J. K. A. 1973. Plant physiology in relation to horticulture. The MacMillan Pr., Ltd., London. 144 p.

Bliss, F. A. 1981. Utilization of vegetable germplasm. HortScience 16 : 129 - 132.

Blum, A. 1989. Breeding methods for drought resistance. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 197 - 215. Cambridge Univ. Pr., Cambridge.

Bolarin, M.C., F.G. Fernandez. V. Cruz, and J. Cuartero. 1991. Salinity tolerance in four wild tomato species using vegetative - yield salinity response curves. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 286 - 290.

Boswell, V. R. 1937. Improvement and genetics of tomatoes, pepper, and eggplant. In United States Department of Agriculture "1937 Yearbook of Agriculture: Better Plants and Animals II"; pp. 176 - 206. Washington, D. C.

Bouharmont, J. 1990. Improvement of salt tolerance in plants by in vitro selection at the cellular level. In United Arab Emirates University "International Conference on High Salinity - Tolerant Plants in Arid Regions: Preliminary Report". U. A. E. University, Al-Ain, U. A. E.

Bourgeais, P., G. Guerrier, and D. G. Strullu. 1987. Adaptation of Lycopersicon esculentum to NaCl: a comparative study of cultures of callus or stem tips. Canad. J. Bot. 65 : 1989 - 1997.

Bowen, H. H. 1971. Breeding peaches for warm climates. HortScience 6: 153 - 157.

Bressan, R. A., L. Le Cureux, L. G. Wilson, P. Filner, and L. R. Baker. 1981. Inheritance of resistance to sulfur dioxide in cucumber. HortScience 16 : 332 - 333.

Brown, J. C. 1967. Genetic variants of factors affecting the nutrition and physiology of plants. In Proceedings of International Atomic Energy Agency "Isotopes in Plant Nutrition and Physiology"; p. 413 - 420. Vienna.

Brown, J. C. and W. E. Jones. 1971. Differential transport of boron in tomato (Lycopersicon esulentum Mill). Physiologia Plantarum 25 : 279 - 282. (Cited after Hort. Abstr. 42 : 4062; 1972).

Brown, J. C., R. L. Cheney, and J. E. Ambler. 1972. A new tomato mutant inefficient in the transport of iron. Physiologia Plantarum 25 : 48 - 53. (Cited after Plant Breed. Abstr. 42 : 1516; 1972).

Cannon, O. S., D. M. Gatherum, and W. G. Miles. 1973. Heritability of low temperature seed germination in tomato. HortScience 8 : 404 - 405.

Chandler, R. F., Jr. 1983. The potential for breeding heat tolerant vegetables for the tropics. Asian Vegetable Research and Development Center, 10th Annirersary Monograph Series. Shanhua, Taiwan, Republic of China.

Christiansen, M. N. 1979. Physiological basis for resistance to chilling. HortScience 14 : 583 - 586.

Christiansen, M. N. and C. F. Lewis (Eds). 1982. Breeding plants for less favorable environments. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. 459 p.

Clarke, J. M. and T. F. Townley - Smith. 1984. Screening and selection techniques for improving drought resistance. In P. B. Vose and S. G. Blixt (Eds) "Crop Breeding: a Contemporary Basis"; pp. 137 - 162. Pergamon Pr., N. Y.

Collins, W. W., G. Wilson, S. Arrendell, and L. F. Dickey. 1987. Genotype x environment interactions in sweet potato yield and quality factors. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 579 - 583.

Coltman, R. R. 1987. Tolerance of tomato strains to phosphorus deficiency in root culture. HortScience 22 : 1305 - 1307.

Coltman, R. R., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1985. Differential tolerance of tomato strains to maintained and deficient levels of phosphorus. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110 : 140 - 144.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Seed germination of seven pepper cultivars at constant or alternating high temperatures. J. Hort. Sci. 64 : 705 - 710.

Coons, J. M., R. O. Kuehl, N. F. Obeker, and N. R. Simons. 1989. Germination of cleven tomato phenotypes at constant or alternating high temperatures. HortScience 24 : 927 - 930.

Costa, J., M. A. Sanchis, G. Palomares, and F. Nuez. 1989. Interspecific variability in the Lycopersicon genus in relation to salinity tolerance. Tomato Genet. Coop. Rep. No. 39 : 8 - 9.

Coyne, D. P. 1968. Correlation, heritability, and selection of yield components in field beans, Phaseolus vulgaris L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93 : 388 - 396.

Coyne, D. P. 1970. Genetic control of a photoperiod - temperature response for time of flowering in beans (Phaseolus vulgaris L.). Crop Sci. 10: 246 - 248.

Coyne, D. P. 1978. Genetics of flowering in dry beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 606 - 608.

Coyne, D. P. 1980. Modification of plant architecture and crop yield by breeding. HortScience 15 : 244 - 247.

Coyne, D. P. and O. C. Burnside. 1968. Differential plant injury and yield response of tomato varieties to 2, 4 - D. Res.Bul. Univ. Neb. Coll. Agric. 226. 21 p.

Coyne, D. P., S. S. Korban, D. Knudsen, and R. B. Clark. 1982. Inheritance of iron deficiency in crosses of dry beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Plant Nutrition 5 : 575 - 585.

Cuartero, J. and J. I. Cubero. 1982. Phenotypic, genotypic and environmental correlation in tomato (Lycopersicon esculentum). Euphytica 31 : 151 - 159.

Curme, J. H. 1962. Effect of low night temperatures on tomato fruit set. In Campbell Soup Company "Proccedings of Plant Science Symposium"; pp. 99 - 108. Camden, N. J.

Dehan, K. and M. Tal. 1978. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: responses of Solanum pennellii to high salinity. Irrigation Scicnce 1 : 71 - 76.

De Jong, H. 1983. Inheritance of sensitivity to the herbicide Metribuzin in cultivated diploid potatoes. Euphytica 32 : 41 - 48.

Delancy, D. E. and R. L. Lower. 1987. Generation means analysis of plant characters in crosses between two determinate cucumber lines and Cucumis sativus var. hardwickii. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 707 - 711.

Denna, D. W. 1970. Leaf wax and transpiration in Brassica oleracea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 30 - 32.

Devine, T. E. 1982. Genetic fitting of crops to problem soils. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds) "Breeding Plants for Less Favorable Environments"; pp. 143 - 173. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

De Vos, D. A., R. R. Hill, Jr., R. W. Helper, and D. L. Garwood. 1981. Inheritance of low temperature sprouting ability in F_1 tomato cross. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 352 - 355.

Dickson, M. H. 1969. The inheritance of seed coat rupture in snap beans Phaseolus vulgaris L. Euphytica 18 : 110 - 115.

Dickson, M. H. 1980. Genetic aspects of seed quality. HortScience 15 : 771 - 774.

Dickson, M. H. and M. A. Boettger. 1977. Inheritance of resistance to mechanical damage and transverse cotyledon cracking in snap beans (Phaseolus vulgaris L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102 : 498 - 501.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1987. Inheritance of low temperature tolerance in beans at several growth stages. HortScience 22 : 481 - 483.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1988. Heat tolerance and pod set in beans. (Abstr.). HortScience 23 : 771.

Dickson, M. H. and R. Petzoldt. 1989. Heat tolerance and pod set in green beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 833 - 836.

Dickson, M. H. and J. R. Stamer. 1970. Breeding cabbage for high dry matter and soluble solids. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 720 - 723.

Dix, P. J. 1980. Environmental stress resistance: selection in plant cell cultures. In F. Sala, B. Parisi, R. Cella, and O. Ciferri (Eds) "Plant Cell Cultures: Results and Prespectives"; pp. 183 - 186. Elsevier, Amsterdam.

Doolittle, S. P., A. L. Taylor, and L. L. Danielson. 1961. Tomato diseases and their control. U. S. Dept. Agr., Agr. Handbook 203. 86 p.

Duke, J. 1982. Plant germplasm resources for breeding of crops adapted to marginal environments. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds) "Breeding Blants for Less Favorable Environments"; pp. 391 - 433. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Duncan, D. R. and J. Widholm. 1986. Cell selection for crop improvement. Plant Breed. Rev. 4 : 153 - 173.

Dwelle, R. B. 1985. Photosynthesis and photoassimilate partitioning. In P. H. Li (Ed.) "Potato Physiology"; pp. 35 - 58. Academic Pr., N. Y.

Eisinger, B. A. and K. J. Bradford. 1986. Role of seed mineral content in the occurrence of transverse cotyledon cracking of snap bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 110 - 114.

Ekanayake, I. J. and D. J. Midmore. 1992. Genotypic variation for root pulling resistance in potato and its relationship with yield under water-deficit stress. Euphytica 61 : 43 - 53.

El-Ahmadi, A. B. and M. A. Stevens. 1979. Genetics of high-temperature fruit set in the tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104 : 691 - 696.

El-Beltagy, A. S. and M. A. Hall. 1979. Basic elements for possible new technique to screen for plants relatively tolerant to water stress. Egypt. J. Hort. 6 : 261 - 267.

El-Beltagy, A. S., M. M. Khalifa, and M. H. Hall. 1979. Salinity in relation to ethylene. Egypt. J. Hort. 6 : 269 - 271.

El-Saeid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988. The possibility of using ethryl to identify plants relatively tolerant to salinity. I. Tomato (Lycopersicon esculentum). Egypt. J. Hort. 15 : 71 - 84.

El-Saeid, H. M., A. F. Abou-Hadid, and A. S. El-Beltagy. 1988. The possibility of using ethrel to identify plants relatively tolerant to salinity. II. Cowpea (Vigna sinensis L.). Egypt. J. Hort. 15 : 159 - 170.

English, J. E. and D. N. Maynard. 1981. Calcium efficiency among tomato strains. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 552 - 557.

Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants : principles and prespectives. Wiley, N. Y. 412 p.

Epstein, E. and J. D. Norlyn. 1977. Seawater - based crop production: a feasibility study. Science 197 : 249 - 251.

Epstein, E., R. W. Kingsbury, J. D. Norlyn, and D. W. Rush. 1979. Production of food crops and other biomass by seawater culture. In A. Hollaender (Ed.) "The Biosaline Concept"; pp. 77 - 99. Plenum Pub. Corp., N. Y.

Epstein, E., J.D. Norlyn, D. W. Rush, R. W. Kingsbury, D. B. Kelley, G. A. Cunningham, and A. F. Wrona. 1980. Saline culture of crops: a genetic approach. Science 210 : 399 - 404.

Estilai, A. and A. Hashemi. 1993. A four-carpeled fruit mutuant in jojoba. HortScience 28 : 738 - 739.

Estilai, A., H. H. Naqvi, and J. G. Waines. 1988. Developing guayule as a domestic rubber crop. Calif. Agr. 42 (5) : 29 - 30.

Evans, G. C. 1972. The quantitative analysis of plant growth. Blackwell Sci. Pub., Oxford. 734 p.

Fangmeier, D. D., D. D. Rubis, B. B. Taylor, and K. E. Foster. 1984. Guayule for rubber production in Arizona. Univ. of Ariz., College of Agr., Agr. Exp. Sta., Tech. Bul. No. 252. 14 p.

Faulkner, J. S. 1982. Breeding herbicide - tolerant crop cultivars by convential methods. In H. M. LeBaron and J. Gressel (Eds) "Herbicide Resistance in Plants"; pp. 235 - 256. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Fawole, I., W. H. Gabelman, G. C. Gerloff, and E. V. Nordheim. 1982. Heritability of efficiency in phosphorus utilization in beans (Phaseolus vulgaris L.) grown uncr phospherus stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 94 - 97.

Fery, R. L. and H. F. Harrison, Jr. 1990. Inheritance and assessment of Bentazon herbicide tolerance in 'Santaka' pepper. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 854 - 857.

Fidgore, S. S., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1989. Inheritance of potassium efficiency, sodium substitution capacity, and sodium accumulation in tomatoes grown under low-potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 332 - 327.

Fillippone, E. 1985. In vitro growth and differentiation of tomato (Lycopersicon esculentum) tissue on high level of NaCl (Abstr.). Genetica Agraria 39 : 323.

Foy, C. D., G. C. Gerloff, and W. H. Gabelman. 1973. Differential effects of aluminum on the vegetative growth of tomato cultivars in acid soil and nutrient solution. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 427 - 432.

Frey, K. J. 1981. Capabilities and limitations of convential plant breeding. In K. O. Rachie and J. M. Lyman (Eds) "Genetic Engineering for Crop Improvement"; pp. 15 - 62. The Rockefeller Foundation.

Gabelman, W. H., G. C. Gerloff, T. Schettini, and R. Coltman. 1986. Genetic variability in root systems associated with nutrient acquisition and use. HortScience 21 : 971 - 973.

Gentile, A. G., W. A. Fader, R. E. Young, and Z. Santner. 1971. Susecbtibility of Lycopersicon spp. to ozone injury. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 : 94 - 96.

George, W. L., Jr. 1970. Genetic and environmental modification of determinate plant habit in cucumbers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95: 583 - 586.

George, W. L. 1971. Influence of genetic background on sex conversion by 2-chloethylphosphonic acid in monoecious cucumbers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96 : 152 - 154.

Giles, K. L. 1980. Nitrogen fixation and plant tissue culture. In I. K. Vasil (Ed.) "Perspective in Plant Cell and Tissue Culture"; pp. 81 - 99. Academic Pr., N. Y.

Giordano, L. de B., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1982. Inheritance of differences in calcium utilization by tomatoes under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 664 - 669.

Greenleaf, W. H. 1986. Pepper breeding. In M. J. Bassett (Ed.) "Breeding Vegetable Crops"; pp. 67 - 134. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Connecticut.

Gressel, J., G. Ezra, and S. M. Jain. 1982. Genetic and chemical manipulation of crops to confer tolerance to chemicals. In J. S.McLaren (Ed.) "Chemical Manipulation of Crop Growth and Development"; pp. 79 - 91. Butterworth Scientific, London.

Hanna, H. Y. and T. P. Hernandez. 1982. Response of six tomato genotypes under summer and spring weather conditions in Louisiana. HortScience 17 : 758 - 759.

Hanna, H. Y., T. P. Hernandez, and K. L. Koonce. 1982. Combining ability for fruit set, flower drop, and underdereloped ovaries in some heat-tolerant tomatoes. HortScience 17 : 760 - 761.

Hansche, P. E. and W. Beres. 1980. Genetic remodeling of fruit and nut trees to facilitate cultivar improvement. HortScience 15 : 710 - 715.

Harris, R. E. 1975a. Sub-Arctic Maxi: a large-fruited subarctic - type tomato. Canad. J. Plant Sci. 55 : 853.

Harris, R. E. 1975b. Sub-Arctic Cherry: a subarctic-type tomato. Canad. J. Plant Sci. 55 : 855.

Hasegawa, P. M., R. A. Bressan, S. Handa and A. K. Handa. 1984. Cellular mechanisms of tolerance to water stress. HortScience 19 371 - 377.

Hashim, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988. Salt tolerance in Lycopersicon esculentum. I. The effect of salinity on growth. Egypt. J. Hort. 15 : 85 - 96.

Hashin, M. M., A. S. El-Beltagy, and R. A. Jones. 1988a. Salt tolerance in Lycopersicon esculentum. II. Ion accumulation patterns. Egypt. J. Hort. 15 : 97 - 106.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1982. Tomato evaluation and selection for sodium chloride tolerance. Egypt. J. Hort. 9 : 153 - 162.

Hassan, A. A. and I. A. M. Desouki. 1986. Salinity toleronce in tomato: Evaluation methods and use of wild Lycopersicon species in breeding and in genetic studies. Egypt. J. Hort. 13 : 159 - 170.

Hassan, A. A., M. M. Marghany, and W. L. Sims. 1987. Genetics and physiology of parthenocarpy in tomato. Acta Hort. 200 : 173 - 183.

Hassan, A. A., M. A. Al-Afifi, K. Matsuda, A.Koto, and S. Itani. 1989. Sources of salinity tolerance in Lycopersicon species. Bul. Fac. Agr., Univ. Cairo 40 : 605 - 622.

Hedley, C. L. and M. J. Ambrose. 1981. Designing "leafless" plants for improving yields of the dried pea crop. Adv. Agron. 34 : 225 - 272.

Heggestad, H. E. and W. W. Heck. 1971. Nature, extent, and variation of plant response to air pollutants. Adv. Agron. 23 : 111 - 145.

Hiller, L. K. and J. L. Weigle. 1970. Differential tolerance of several inbreds of onion Allium cepa L. to certain herbicides. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 105 - 107.

Ho, L. C. and J. D. Hewitt. 1986. Fruit development. In J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 201 - 239. Chapman and Hall, London.

Hochmuth, G. J. 1984. Variation in calcium efficiency among strains of cauliflower. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 667 - 672.

Hochmuth, G. J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1985. A gene affecting tomato root morphology. HortScience 20 : 1099 - 1101.

Howard, H. W. 1969. Genetics of the potato, Solanum tuberosum. Logos Pr. Limited, London. 126 p.

Hughes, S. G., J. A. Bryant, and N. Smirnoff. 1989. Molecular biology: application to studies of stress tolerance. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 131 - 155. Cambridge Univ. Pr.

Ibrahim, M. A. M. 1984. Genetic and physiological studies on heat and cold tolerance in tomatoes. Ph. D. thesis, Cairo Univ. 118 p.

Iezzoni, A. F., C. B. Peterson, and G. E. Tolla. Genetic analysis of two perfect-flowered mutants in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 678 - 681.

Jain, R. K., S. Jain, H. S. Nainawatte, and J. B. Chowdhury. 1990. Salt-tolerance in Brassica juncea L. I. In vitro selection, agronomic evaluation and genetic stability. Euphytica 48 : 141 - 152.

Jain, S., H. S. Nainawatte, R. K. Jain, and J. B. Chowdhury. 1993. Salt-tolerance in Brassica juncea. II. Salt-stress induced changes in polypeptide pattern of in vitro selected Na Cl-tolerant plants. Euphytica 65 : 107 - 112.

Jarret, R. L. and W. J. Florkowski. 1990. In vitro vs field genebank maintenance of sweet potato germplasm: major costs and considerations. HortScience 25 : 141 - 146.

Jones, R. G. W. 1981. Salt tolerance. In C. B. Johnson (Ed). "Physiological Processes Limiting Plant Productivity"; pp. 271 - 292. Butterworths, London.

Jones, A. 1986. Sweet potato heritability estimates and their use in breeding. HortScience 21 : 14 - 17.

Jones, R. W., Jr., L. M. Pike and L. F. Yourman. 1989. Salinity influences cucumber growth and yield. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 547 - 551.

Kalloo. 1988. Vegetable breeding. Vol. III. CRC Pr., Inc., Boca Raton, Florida. 174 p.

Kamps, T. L., T. G. Isleib, R. C. Herner, and K. C. Sink. 1987. Evaluation of techniques to measure chilling injury in tomato. HortScience 22 : 1309 - 1312.

Kaname, T., T. Itagi, and M. Mochizuki. 1969. Experiments on controlling fruit malformation in tomatoes. II. The effect of sunshine before and after flowering on the occurrence of hollow fruits (In Japanese). Kanagawa Hort. Exp. Sta., No. 17, pp. 52 - 57. (Cited from Hort. Abstr. 41 : 1500; 1971).

Kartz, A. and M. Tal. 1980. Salt tolerance in the wild relatives of the cultivated tomato: proline accumulation in callus tissue of Lycopersicon esculentum and L. peruvianum. Z. Pflanzenphysiol. Bd. 429 - 435.

Kauffman, C. S. and R. L. Lower. 1976. Inheritance of an extreme dwarf plant type in the cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 150 - 151.

Kean, D. and J. R. Baggett. 1986. The inheritance of parthenocarpy in Oregon T 5 - 4 tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111 : 596 - 599.

Kemp, G. A. 1968. Low-temperature growth responses of the tomato. Canad. J. Plant Sci. 48 : 281 - 286.

Khalil, R. M. H. 1974. Genetical and physiological studies on some pepper varieties. M. S. thesis, Ain Shams Univ. 87 p.

Knight, R. J. 1971. Breeding for cold hardiness in subtropical fruits. Hortscience 6 : 157 - 160.

Kooistra, E. 1971. Germinability of beans (Phaseolus vulgaris L.) at low temperatures. Euphytica 20 : 208 - 213.

Krarup, A. and D. W. Davais. 1970. Inheritance of seed yield and its components in a six-parent diallel cross in peas. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 : 795 - 797.

Kuo, C. G. and B. W. Chen. 1980. Physiological responses of tomato cultivars to flooding. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 751 - 755.

Kuo, C. G., B. W. Chen, M. M. Chou, C. L. Tsai, and T. S. Tsay. 1979. Tomato fruit set at high temperatures. In Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato"; pp. 94 - 108. Shanhua, Taiwan.

Kuo, C. G., J. S. Tsay, B. W.Chen, and P. Y. Lin. 1982. Screening for flooding tolerance in the genus Lycopersicon. HortScience 17 : 76 - 78.

Kuo, C. G., B. J. Shen, H.M. Chen, H. C. Chen, and R. T. Opena. 1988. Association between heat tolerance, water consumption, and morphological characters in the chinese cabbage. Euphytica 39 : 65 - 73.

Kupper, R. S. and J. E. Staub. 1988. Combining ability between lines of Cucumis sativus L. and Cucumis sativus var. hardwickii (R.) Alef. Euphytica 38 : 197 - 210.

Lapins,K. O. 1976. Inheritance of compact growth type in apple. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 133 - 135.

Leopold, A. C. and P. E. Kriedmann. 1975 (2nd ed.). Plant growth and development. McGraw-Hill Book Co., N. Y. 545 p.

Levy, A., H. D. Rabinowitch, and N. Kedar. 1978. Morphological and physiological characters affecting flower drop and fruit set of tomatoes at high temperatures. Euphytica 27 : 211 - 218.

Lewis, C. F. and M. N. Christiansen. 1981. Breeding plants for stress environments. In K. J. Frey (Ed.) "Plant Breeding II"; pp. 151 - 177. The Iowa State Univ. Pr., Ames.

Li, P. H. and A. Fennell. 1985. Potato frost hardiness. In P. H. Li (Ed.) "Potato Physiology"; pp. 457 - 479. Acadenic Pr., N. Y.

Li, Y.-M. and W. H. Gabelman. 1990. Inheritance of calcium use efficiency in tomatoes grown under low-calcium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 835 - 838.

Li, P. H. and A. Sakai (Eds). 1978. Plant cold hardiness and freezing stress: mechanisms and crop implications. Academic Pr., N. Y. 416 p.

Lin, S. S. - M. 1982. The genetics and physiology of parthenocarpy in Lycopersicon esculentum Mill. (tomato). Diss. Abstr. International, B 42 (9) 3514B. (Cited from Plant Breed. Abstr. 52 : 7999; 1982).

Lin, S., W. L. George, and W. E. Splittstoesser. 1984. Expression and inheritance of parthenocarpy in "Severianin" tomato. J. Hered. 75 : 62 - 66.

Machado, V. S. 1982. Inheritance and breeding potential of triazine tolerance and resistance in plants. In H. M. LeBaron and J. Gressel (Eds) "Herbicide Resistance in Plants"; pp. 257 - 273. John Wiley & Sons, Inc., N. Y.

Machado, V. S., S. C. Phatak and I. L. Nonnecke. 1982. Inheritance of tolerance of the tomato (Lycopersicon esulentum Mill.) to metribuzin herbicide. Euphytica 31 : 129 - 138.

Mahmoud, M. H., A. S. El-Beltagy, R. M. Helal, and M. A. Maksoud. 1986. Tomato variety evaluation and selection for salt tolerance. Acta Hort. 190 : 559 - 566.

Mahmoud, M. H., R. A. Jones, and A. S. El-Beltagy. 1986. comparative responses to high salinity between salt sensitive and salt-tolerant genotypes of tomato. Acta Hort. 190 : 533 - 543.

Maisonneuve, B. and J. Philouze. 1982. Effect of low night temperatures on a varietal collection of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.). II. Study of pollen quantity and quality. Agronomie 2 : 453 - 458.

Maisonneuve, B., N. G. Hogenboom, and A. P. M. Den Nijs. 1986. Pollen selection in breeding tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) for adaptation to low temperature. Euphytica 35 : 983 - 992.

Makmur, A., G. C. Gerloff, and W. H. Gahelman. 1978. Physiology and inheritance of efficiency in potassium utilization in tomatoes grown under potassium stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103 : 545 - 549.

Maksoud, M. A., A. A. Hassan, and R. Khalil. 1977. Inheritance of fruit weight, size, and dimentions in pepper, Capsicum annuum L. Zagazig J. Agr. Res. 4 : 53 - 63.

Malash, N. M. A. 1979. Physiological studies on yield and fruit quality of tomato. Ph. D. thesis, Cairo Univ. 199 p.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1980. Responses associated with low temperature seed germinating ability in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 : 280 - 283.

Maluf, W. R. and E. C. Tigchelaar. 1982. Relationship between fatty acid composition and low-temperature seed germination in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 620 - 623.

Mapelli, S., G. Torti, M. Bandino, and G. P. Soressi. 1979. Effects of GA_3 on flowering and fruit-set in a mutant of tomato. HortScience 14 : 736 - 737.

Marshall, H. G. 1982. Breeding for tolerance to heat and cold. In M. N. Christiansen and C. F. Lewis (Eds). "Breeding Plants for Less Favorable Environments"; pp. 47 - 70. John wiley & Sons, Inc., N. Y.

Marx, G. A. and W. Mishanec. 1962. Inheritance of ovule number in Pisum sativum L. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80 : 462 - 467.

McGuire, G. M. and N. Thurling. 1992. Nuclear genetic control of variation in simazine tolerance in oilseed brassicas. II. Selection for simazine tolerance in a Brassica campestris population. Euphytica 61 : 153 - 160.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1989. Differential flood stress resistance of two tomato genotypes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 114 : 976 - 980.

McNamara, S. T. and C. A. Mitchell. 1990. Adaptive stem and adventitious root responses of two tomato genotypes to flooding. HortScience 25 : 100 - 103.

Mersie, W., T. Mebrahtu, and M. Rangappa. 1990. Evaluation of been introductions for ozone insensitivity. HortScience 25 : 1581 - 1582.

Michalska, A. M. 1985. Low temperature germination in Lycopersicon. Tomato Genet. Coop. Rep. 35 : 7 - 8.

Miller, J. C., Jr. and J. E. Quisenberry. 1976. Inheritance of time to flowering and its relationship to crop maturity in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 101 : 497 - 500.

Miller, J. C., Jr., L. R. Baker, and D. Penner. 1973. Inheritance of tolerance to chloramben methyl ester in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 386 - 389.

Miller, J. C., Jr., K. W. Zary, and G. C. J. Fernandez. 1986 Inheritance of N_2 fixation efficiency in cowpea. Euphytica 35 : 551 - 560.

Miller, J. C., Jr., L. M. Scott, and G. C. J. Fernandez. 1987. Influence of root and shoot on N_2 fixation in cowpea. HortScience 22 : 1313 - 1315.

Minges, P. A. (Ed.). 1972. Descriptive list of vegetable varieties. Amer. Seed Trade Assoc. Washington, D. C. 194 p.

Moeljopawiro, S. and H. Ikehashi. 1981. Inheritance of salt tolerance in rice. Euphytica 30 : 291 - 300.

Mooris, J. L. 1971. The breeding aspects of vegetable seed quality. HortScience 6 : 553 - 555.

Mudd, J. B. 1975. Sulfur dioxide. In J. B. Mudd and T. T. Kozlowski (Eds) "Responses of Plants to Air Pollution" pp. 9-22. Academic Pr., N. Y.

Mudd, J. B. and T. T. Kozlowski (Eds). 1975. Responses of plants to air pollution. Academic Pr., N. Y. 383 p.

Mullineaux, P. M. 1992. Genetically engineered plants for herbicide resistance. In A. M. R. Gatehouse, V. A. Hilder, and D. Boulter (Eds) "Plant Genetic Manipulation for Crop Protection"; pp. 75 - 107. Pl. Breed. Abstr. 1992, 62 : 7517.

Myers, O., Jr. 1986. Breeding soyheans for drought resistance. Plant Breed. Rev. 4 : 203 - 243.

Nandpuri, K. S., J. S. Kanwar, S. Singh, and M. S. Saimbhi. 1975. Performance of tomato varieties under low and high temperature conditions. Haryana J. Hort. Sci. 4 : 46 - 50. (Cited from Hort. Abstr. 47 : 3679; 1977).

Nelson, R. B., D. W. Davis, J. P. Palta, and D. R. Laing. 1983. Measurement of soil water-logging tolerance in Phaseolus vulgaris L.: A comparison of screening technigues. Scientia Hort. 20 : 303 - 313.

Ng, T. J. and E. C. Tigchelaar. 1973. Inheritance of low temperature seed sprouting in tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 98 : 314 - 316.

Norlyn, J. D. 1980. Breeding salt-tolerant crop plants. In R. C. Valentine and A. Hollaender (Eds) "Genetic Engineering of Osmoregulation"; pp. 293 - 309. Plenum Pr., N. Y.

Nuez, F., J. Costa, and J. Cuartero. 1985. High and low temperature setting. Tomato Genet. Coop. Rep. 35 : 14 - 15.

Opena, R. T. and S. H. Lo. 1979. Genetics of heat tolerance in heading chinese cabbage. HortScience 14 : 33 - 34.

Ormrod, D. P., N. O. Adedipe, and D. J. Ballantyne. 1976. Air pollution injury to horticultural plants: a review. Hort. Abstr. 46 : 241 - 248.

O'Sullivan, J., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1974. Variations in efficiency of nitrogen utilization in tomatoes (Lycopersicon esculentum Mill.) grown under nitrogen stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99 : 543 - 547.

Padda, D. S. and H. M. Munger. 1969. Photoperiod, temperature and genotypic interactions affecting time of flowering in beans, Phaseolus vulgaris L. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 94 : 157 - 160.

Paleg, I. G. and D. Aspinall. (Eds). 1980. The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Pr., N. Y. 492 p.

Pandey, S. and E. T. Gritton. 1975. Inheritance of protein and other agronomic traits in a diallel cross of pea. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100 : 787 - 790.

Pandita, M. L. and Wm. T. Andrew. 1967. A correlation between phosphorus content of leaf tissue and days to maturity in tomato and lettuce. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91 : 544 - 549.

Parsons, L. R. 1979. Breeding for drought resistance: what plant characteristics impart resistanc?. HortScience 14 : 590 - 593.

Patterson, B. D. 1988. Genes for cold resistance from wild tomatoes. HortScience 23 : 794 & 947.

Patterson, B. D. and L. A. Payne. 1983. Screening for chilling resistance in tomato seedlings. HortScience 18 : 340 - 341.

Patterson, B. D., R. Paull, and R. M. Smillie. 1978. Chilling resistance in Lycopersicon hirsutum Humb. & Bonpl., a wild tomato with a wild altitudinal distribution. Aust. J. Plant Phys. 5 : 609 - 617 (Cited from Plant Breed. Abstr. 50 : 2523; 1980).

Pecaut, P. and J. Philouze. 1978. A sha-pat line obtained by natural mutation. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 - 12.

Pet, G. and F. Garretsen. 1983. Genetical and environmental factors inffuencing seed size of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) and effect of seed size on growth and development of tomato plants. Euphytica 32 : 711 - 718.

Phatak, S. C. and C. A. Jaworski. 1985. UGA 1113MT and UGA 1160MT metribuzin-tolerant tomato germplasm. HortScience 20 : 1132.

Phills, B. R., N. H. Peck, G. E. MacDonald, and R. W. Robinson. 1979.

Differential response of Lycopersicon and Solanium species to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sco. 104 : 349 - 352.

Philouze, J. 1981. Progress of works regarding the utilization in breeding of the ability to natural parthenocarpy of the tomato variety Severianin. (In French). In J. Philouze (Ed.) "Genetics and Breedingof Tomato"; pp. 203 - 210. Institut National de la Recherche Agronomique, Versailles, France.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in the Soviet variety Severianin. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 : 12 - 13.

Philouze, J. and B. Maisonneuve. 1978a. Heredity of the natural ability to set parthenocarpic fruits in a German line. Tomato Genet. Coop. Rep. 28 : 12.

Pierce, L. K. and T. C. Wehner. 1990. Review of genes and linkage groups in cucumber. HortScience 25 : 605 - 615.

Pike, L. M. and C. E. Peterson. 1969. Inheritance of parthenocarpy in cucumber (Cucumis sativus L.). Euphytica 18 : 101 - 105.

Ponti, O. M. de and F. Garretsen. 1976. Inheritance of parthenocarpy in pickling cucumbers (Cucumis sativus L.) and linkage with other characters. Euphytica 25 : 633 - 642.

Pope, D. T. and H. M. Munger. 1953. Heredity and nutrition in relation to magensium deficiency chlorosis in celery. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 472 - 480.

Pope, D. T. and H. M. Munger. 1953. The inheritance of susceptibility to boron deficiency in celery. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61 : 481 - 486.

Postgate, J. 1975. The physiology and genetics of nitrogen fixation. In L. Ledoux (Ed.) "Genetic Manipulations with Plant Material" pp. 123 - 134. Plenum Pr., N. Y.

Poysa, V. W., C. W. Tan, and J. A. Stone. 1987. Flooding stress and the root development of several tomato genotypes. HortScience 22 : 24 - 26.

Prend, J. and C. A. John. 1976. Improvement of pickling cucumber with the determinate (de) gene. HortScience 11 : 427 - 428.

Pyke, K. A. and C. L. Hedley. 1983. The effect of foliage phenotype and seed size on the crop growth of Pisum sativum (L.). Euphytica 32 : 193 - 203.

Quisenberry, J. E. 1979. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 193 - 212. John Wiley & Sons, N. Y. 510 p.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986. Tomato cultivar evaluation for low temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13 : 139 - 144.

Radwan, A. A., A. A. Hassan, and M. A. M. Ibrahim. 1986a. Tomato cultivar evaluation for high temperature tolerance. Egypt. J. Hort. 13 : 145 - 151.

Rains, D. W. 1979. Salt tolerance of plants: strategies of biological systems. In A. Hollander, J. C. Aller, E. Epstein, A. San Pietro, and O. R. Zaborsky (Eds) "The Biosaline Concept: An Approach to the Utilization of Under Exploited Resources"; pp. 47 - 67. Plenum Pr., N. Y.

Rains, D. 1981. Salt tolerance - new developments. In J. T. Manassah and E. J. Briskey (Eds) "Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands"; pp. 431 - 456. Academic Pr., N. Y.

Ramage, R. T. 1980. Genetic Methods to breed for salt tolerance in plants. In D. W. Rains, R. C. Valentine, and A. Hollaender (Eds) "Genotypic Engineering of Osmoregulation: Impact on Plant Productivity for Food, Chemicals, and Energy"; pp. 311 - 318. Plenum Pr., N. Y.

Randle, W. M. and S. Honma. 1980. Inheritance of low temperature emergence in Capsicum baccatum var. pendulum. Euphytica 29 : 331 - 335.

Rebigan, J. B., R. L. Villareal, and S.-H. Lai. 1977. Reaction of three tomato cultivars to heavy rainfall and excessive soil moisture. Phillippine J. Crop Sci. 2 : 221 - 226.

Reinert, R. A., D. T. Tingey, and H. B. Carter. 1972. Sensitivity of tomato to ozone. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 : 149 - 151.

Reinert, R. A., H. E. Heggestad, and W. W. Heck. 1979. Response and genetic modification of plants for tolerance to air pollutants. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 259 - 292. John Wiley & Sons, N. Y.

Reynolds, M. P. and E. E. Ewing. 1989. Heat tolerance in tuber bearing Solanum species: a protocol for screening. Amer. Potato J. 66 : 63 - 74.

Richardson, D. G. and G. J. Weisier. 1972. Foliage frost resistance in tuber-bearing solanums. HortScience 7 : 19 - 22.

Rick, C. M. 1977. Conservation of tomato species germplasm. Calif. Agr. 31 (9): 32 - 33.

Rick, C. M. 1980. Project No. 25: Mechanisms to facilitate production of hybrid tomato seed. Univ. Calif., Davis.

Robinson, R. W., H. M. Munger, T. W. Whitaker, and G. W. Bohn. 1976. Genes of the cucurbitaceae. HortScience 11 : 554 - 568.

The Rockefeller Foundation. 1966. Progress Report: Toward the conquest of hunger 1965 - 1966. N. Y. 231 p.

Rousos, P. A. and H. C. Harrison. 1987. Identification of differential responses of cabbage cultivars to copper toxicity in solution culture. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 928 - 931.

Rudich, J., E. Zamski, and Y. Regev. 1977. Genotypic variation for sensitivity to high temperature in the tomato pollination and fruit set. Bot. Gazette 138: 448 - 452.

Rush, D. W. 1986. Physiological and genotypic responses to salinity in two species of tomato. Dissertation Abstr. International, B. 46 (12): 4088B.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1976. Genotypic responses to salinity: differences between salt sensitive and salt tolerant genotypes of tomato. Plant Phys. 57 : 162- 166.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981. Breeding and selection for salt tolerance by the incorporation of wild germplasm into a domestic tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 699 - 704.

Rush, D. W. and E. Epstein. 1981a. Comparative studies on the sodium, potassium, and chloride relations of a wild halophytic and a domestic salt - sensitive tomato species. Plant Phys. 68 : 1308 - 1313.

Ryder, E. J. 1979. Leafy salad vegetables. Avi Pub. Co., Inc., Westport, Conn. 266 p.

Sacher, R. F. and R. C. Staples. 1983. Ion regulation and response of tomato to sodium chloride: a homeostatic system. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108 : 566 - 569.

Sacher, R. F., R. C. Staples, and R. W. Robinson. 1982. Saline tolerance in hybrids of Lycopersicon esculentum x Solanum pennellii and selected breeding lines. In A. San Pietro (Ed.) "Biosaline Concept: A Look to the Future"; pp. 325 - 335. Plenum Pr., N. Y.

Saranga, Y., J. Rudich, and D. Zamir. 1987. Salt tolerance of cultivated tomato, its wild relatives, and interspecific segregating populations (Abstr.). Acta Hort. 200 : 203.

Saranga, Y., D. Zamir, A. Marani, and J. Rudich. 1993. Breeding tomatoes for salt tolerance: variations in ion concentrations associated with response to salinity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118 : 405 - 408.

Schaff, D. A., C. D. Clayberg, and G. A. Milliken. 1987. Comparison of TTC and electrical conductivity heat tolerance screening techniques in Phaseolus. HortScience 22 : 642 - 645.

Schaible, L. W. 1962. Fruit setting responses of tomatoes to high night temperatures. In Campbell Soup Company "Proceedings of Plant Science Symposium"; pp. 89 - 98. Camden, N. J.

Scott, J. W. and W. L. George, Jr. 1984. Influence of pollination treatments on fruit set and development in parthenocarpic tomato. HortScience 19 : 874 - 876.

Scott, S. J. and R. A. Jones. 1982. Low temperature seed germination of Lycopersicon species evaluated by survival analysis. Euphytica 31 : 869 - 883.

Scully, B. T. and D. H. Wallace. 1990. Variation in and relationship of biomass, growth rate, harvest index, and phenology to yield of common bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115 : 218 - 225.

Scully, B. T., D. H. Wallace, and D. A. Viands. 1991. Heritability and correlation of biomass, growth rates, harvest index, and phenology to the yield of common beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 : 127 - 130.

Shannon, M. C. 1980. Differences in salt tolerance within "Empire" lettuce. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 105 944 - 947.

Shannon, M. C. and J. D. McCreight. 1984. Salt tolerance of lettuce introductions. HortScience 19 : 673 - 675.

Shannon, M. C., G. W. Bohn, and J. D. McCreight. 1984. Salt tolerance among muskmelon genotypes during seed emergence and seedling growth. HortScience 19 : 828 - 830.

Shannon, M. C., J. W. Gronwald, and M. Tal. 1987. Effects of salinity on growth and inorganic ions in cultivated and wild tomato species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 416 - 423.

Sharpe, R. H. and W. B. Sherman. 1971. Breeding blueberries for low-chilling requirement. HortScience 6 : 145 - 147.

Shea, P. F., W. H. Gabelman, and G. C. Gerloff. 1967. The inheritance of efficiency in potassium utilization in snapbeans (<u>Phaseolus vulgaris</u> L.). Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 91 : 286 - 293.

Shelby, R. A. 1975. The nature and mechanism of tomato heat tolerance. Auburn Univ., Alabama. Diss. Abstr. Intl. B, 1975, (6) : 2598 B.

Shelby, R. A., W. H. Greenleaf, and C. M. Peterson. 1978. Comparative floral fertility in heat tolerant and heat sensitive tomatoes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103: 778 - 780.

Smeets, L. and F. Garretsen. 1986. Inheritance of growth characters of tomato (<u>Lycopersicon esculentum</u> Mill.) under low energy conditions. Euphytica 35 : 877 - 884.

Smeets, L. and N. G. Hogenboom. 1985. Introduction to an investigation into the possibitities of using physiological characters in breeding tomato for low energy conditions. Euphytica 34 : 705 - 707.

Smith, P. G. and A. H. Millett. 1986. Observations on low temperature fruit and seed set in tomatoes. Veg. Improv. Newsletter 10 : 12.

Sneep, J. and A. J. T. Hendriksen (Eds) and O. Holbek (Coed.). 1979. P
spectives. Centre for Agr. Pub. and Documentation, Wageningen. 435 p.

Somers, G. F. 1979. Production of food plants in areas supplied with highly saline water: problems and prospects. <u>In</u> H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 107 - 125. John Wiley & Sons, N. Y.

Staples, R. C. and G. H. Toenniessen (Eds). 1984. Salinity tolerance in plants for crop improvement. Wiley - Interscience, N. Y. 443 p.

Stark, [illegible] J. J. Pavek, and I. R. McCann. 1991. Using Canopy temperature measurements to evaluate drought tolerance of potato genotypes. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116 : 412 - 415.

Staub, J. E. and L. K. Crubaugh. 1989. Tolerance of cucumber to chloramben herbicide. Cucurbit Genet. Coop. 12 : 7 - 8.

Stavarek, S. J. and D. W. Rains. 1984. The development of tolerance to mineral stress. HortScience 19 : 377 - 382.

Stephenson, G. R., L. R. Baker, and S. K. Ries. 1971. Metabolism of Pyrazon in susceptible species and inbred lines of tolerant red beet (Beta vulgaris L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96: 145 - 147.

Stevens, M. A. 1980. Utilization of natural varieties to develop resistance to biotic and environmental stress in processing tomato cultivars. Acta Hort. 100 : 405 - 410.

Stevens, M. A. 1981. Resistance to heat stress in crop plants. In J. T. Manassah and E. J. Briskey (Eds) "Advances in Food-Producing Systems for Arid and Semiarid Lands"; pp. 457 - 487. Academic Pr., N. Y.

Stevens, M. A. and C. M. Rick. 1986. Genetics and breeding. In J. G. Atherton and J. Rudich (Eds) "The Tomato Crop"; pp. 35 - 109. Chapman and Hall, London.

Stevens, M. A. and J. Rudich. 1978. Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability, yield and quality in the tomato. HortScience 13 : 673 - 678.

Stoffella, P. J. and B. A. Kahn. 1986. Root system effects on lodging of vegetable crops. HortScience 21 : 960 - 963.

Stoner, A. K. and B. E. Otto. 1975. A greenhouse method to evaluate high temperature setting ability in the tomato. HortScience 10 : 264 - 265.

Stoskopf, N. C. 1981. Understanding crop production. Reston Pub. Co., Inc., Reston, Virginia. 433 p.

Subramanya, R. 1983.Transfer of genes for multiple flowers from Capsicum chinense to Capsicum annuum. HortScience 18 : 747 - 749.

Taha, E. M. E. 1971. Evaluation of some varieties to salt tolerance. M. S. thesis, Faculty of Agric., Ain Shams Univ. 197 p.

Tal, M. 1984. Physiological genetics of salt resistance in higher plants: studies on the level of the whole plant and isolated organs, tissues and cells. In R. C. Staples and G. H. Toenniessen (Eds) "Salinity Tolerance in Plants: Strategies for Crop Inprovement"; pp. 301-320. Wiley - Interscience, N. Y.

Tal, M. And M. C. Shannon. 1983. Salt tolerance in wild relatives of cultivated tomato: responses of Lycopersicon
F_1 hybrids to high salinity. Austr. J. Plant Phys. 10 : 109 - 117.

Tankscly, S. D. and J. Iglesias - Olivas. 1984. Inheritance and transfer of multiple - flower character from Capsicum chinense into Capsicum annuum. Euphytica 33 : 769 - 777.

Tarkanov, G. I., S. A. Dovedar, L. G. Avakimova, E. N. Andreeva and E. A. Sysina. 1978. Methods of increasing fruit set in tomato under high temperature conditions. (In Russian). Lenningrad, USSR, p. 123 - 129. Referativnyi Zhurnal (1979) 6. 55. 330.

Taylor, A. G., J.E. Motes, and M. B. Kirkham. 1982. Germination and seedling characteristics of three tomato species affected by water deficits. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 107 : 282 - 285.

Thompson, P. G., H. A. Mendoza, and R. L. Plastid. 1983. Estimation of genetic parameters for characters related to potato propagation by true seed (TPS) in an Andigena population. Amer. Potato J. 60 : 393.

Thompson, A. E., D. T. Ray, M. Livingston, and D. A. Dierig. 1988. Variability of rubber and plant growth characteristics among single-plant selections from a diverse guayle breeding population. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 113 : 608 - 611.

Thorne, G. N. 1960. Variations with age in net assimilation rate and other growth attributes for sugar - beet, potato, and barley in a controlled environment. Ann. Bot., N. S. 24 : 356 - 371.

Tripp, K. E. and H. C. Wien. 1989. Screening with ethephon for abscission resistance of flower buds in bell pepper. HortScience 24 : 655 - 657.

Trizek, D. T. 1979. Plant response to atmospheric stress caused by water logging. In H. Mussell and R. C. Staples (Eds) "Stress Physiology in Crop Plants"; pp. 293 - 334. John Wiley & Sons, N. Y. 510 p.

Turner, N. C. and P. J. Kramer (Eds). 1980. Adaptation of Plauts to water and high temperature stress. John Wiley & Sons, N. Y. 482 p.

University of Arizona, Tucson. 1980. Report on research at the University of Arizona 1979 - 1980. 39 p.

Van de Dijk, S. J. and J.A. Maris. 1985. differences between tomato genotypes in net photosynthesis and dark respiration under low light intensity and low night temperatures. Euphytica 34 : 709 - 716.

Van de Dijk, S. J. 1987. Inheritance of net photosynthesis,dark respiration, stomatal resistance and related characters in tomato (Lycopersicon esculentum Mill.) under low energy conditions. Euphytica 36 : 193 - 203.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989. Genetics of parthenocarpy in tomato under a low temperature regime : I. Line RP 75/59. Euphytica 41 : 1 - 8.

Vardy, E., D. Lapushner, A. Genizi, and J. Hewitt. 1989a. Genetics of parthenocarpy in tomato under a low temperature regime II. Cultivar "Severianin". Euphytica 41 : 9 - 15.

Vecchi, P. T. D. and C. E. Peterson. 1984. Inheritance of flowering response in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 761 - 763.

Villareal, R. L. and S. H. Lai. 1979. Development of heat-tolerant tomato varieties in the tropics. In Asian Vegetable Research and Development Center "Proceedings of the 1st International Symposium on Tropical Tomato, Oct. 23 - 27, 1978"; pp. 188 - 200. Shanhua, Taiwan.

Villareal, R. L., S. H. Lai, and S. H. Wong. 1978. screening for heat tolerance in the genus Lycopersicon. HortScience 13 : 479 - 481.

Vose, P. B. 1967. The concept, application and investigation of nutritional variation within crop species. In International Atomic Energy Agency "Isotopes in Plant Nutrition and Physiology, Proceedings"; pp. 539 - 548. Vienna.

Walbot, V. 1977. Quick field assays for photosynthetic mutants and water potential of plant tissues. HortScience 12 : 445 - 446.

Walden, R. 1988. Genetic transformation in plants. Open Univ. Pr., Milton Keynes. 138 p.

Walker, M. A., D. M. Smith, K. P. Paulus, and B. D. McKersie. 1990. A chlorophyll fluorescence screening test to evaluate chilling tolerance in tomato. HortScience 25 : 334 - 339.

Wall, J. R. and C. F. Andrus. 1962. The inheritance and physiology of response in the tomato. Amer. J. Bot. 49 : 758 - 762.

Wallace, D. H., F. A. Martin, and J. L. Ozbun. 1971. Selecting for photosynthetic efficiency in segregating bean populations. HortScience 6 (3, Sect. 2) Abstr. 166.

Wallace, D. H., J. L. Ozbun, and H. M. Munger. 1972. Physiological genetics of crop yield. Adv. Agron. 24 : 97 - 146.

Way, R. D., J. C. Sanford, and A. N. Lakso. 1983. Fruitfulness and productivity. In J. N. Moore and J. Janick (Eds) "Methods in Fruit Breeding"; pp. 353 - 367. Purdue Univ. Pr., West Lafayette, Indiana.

Weast, R. O. (Ed.). 1976. (56th ed.). Handbook of chemistry and physics. CRC Press, Cleveland, Ohio. p. D-249.

Weaver, M. L. and H. Timm. 1989. Screening tomato for high temperature tolerance through pollen viability tests. HortScience 24 : 493 - 495.

Wehner, T. C. 1984. Estimates of heritabilities and variance components for low - temperature germination ability in cucumber. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 : 664 - 667.

Wehner, T. C. and E. T. Gritton. 1981. Effect of the n gene on pea pod characteristics. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106 : 181 - 183.

Whitaker, T. W. 1974. Cucurbita. In R. C. King (Ed.) "Handbook of Genetics, Vol. 2:

Plants, Plant Viruses, and Protists"; pp. 135 - 144. Plenum Pr., N. Y.

Whitaker, T. W. and G. N. Davis. 1962. Cucurbits. Interscience Pub., Inc., N. Y. 249 p.

Whittington, W. J. and P. Fierlanger. 1972. The genetic control of time to germination in tomato. Ann. Bot. 36 : 873 - 880.

Wien, H. C. 1990. Screening pepper cultivars for resistance to flower abscission : a comparison of techniques. HortScience 25 : 1634 - 1636.

Wilson, D. 1981. Breeding for morphological and physiological traits. In K. J. Frey (Ed.) "Plant Breeding II"; pp. 233 - 290. The Iowa State Univ. Pr., Ames.

Wolf, S., D. Yakir, M. A. Stevens, and J. Rudich. 1986. Cold temperature tolerance of wild species. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 11 : 960 - 964.

Wolff, D. W., W. W. Collins, and T. J. Monaco. 1992. Inheritance of tolerance to the herbicide Bentazon in peppers (Capsicum annuum L.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 : 985 - 990.

Wright, M. J. (Ed.). 1976. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta., Ithaca. 420 p.

Yassin, T. E. 1988. Inheritance of three agronomic characters in Lycopersicon interspecific crosses. J. Agric. Sci., Camb. 110 : 471 - 474.

Yeo, A. R. and T. J. Flowers. 1989. Selection for physiological characters - examples from breeding for salt tolerance. In H. G. Jones, T. J. Flowers, and M. B. Jones (Eds) "Plants Under Stress"; pp. 217 - 234. Cambridge Univ. Pr., Camhridge.

Zaiter, H. Z., D. P. Coyne, and R. B. Clark. 1987. Temperature, grafting method, and rootstock influence on iron-deficiency chlorosis of bean. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 1023 - 1026.

Zaiter, H. Z., D. P. Coyne, and R. B. Clark. 1987a. Genetic variation and inheritance of resistance of leaf iron-deficiency chlorosis in beans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112 : 1019 - 1022.

Zamir, D. and M. Tal. 1987. Gentic analysis of sodium, potassium and chloride ion content in Lycopersicon. Euphytica 36 : 187 - 191.

Zamir, D., S. D. Tanksley, and R. A. Jones. 1981. Low temperature effect on selective fertilization by pollen mixtures of wild and cultivated tomato species. Theor. Appl. Genet. 59 : 235 - 238.

Zobel, R. W. 1986. Rhizogenetics (Root genetics) of vegetable crops. HortScience 21 : 956 - 959.



النمو الخضرى وبذور النبات المحب للملوحة .Batis spp

رقـم الإيـداع

٩٤/٥٥٤٦



مطابع المكتب المصرى الحديث
MODERN EGYPTIAN PRESS
ت : ٢٢١١٠٧١ - ٢٢١١٠٧٢ - فاكس ٢٢١١٠٧٣